



TUGAS AKHIR - K141502

PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR BISNIS STUDI KASUS JAWA TIMUR

LUQMAN WAHYU HIDAYAT
NRP 5112100174

Dosen Pembimbing
Prof. Drs.Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



FINAL PROJECT - K141502

***DYNAMIC SIMULATION MODEL OF DEMAND
AND SUPPLY ELECTRICITY FOR BUSINESS
SECTOR CASE STUDY EAST JAVA***

LUQMAN WAHYU HIDAYAT
NRP 5112100174

Supervisor
Prof. Drs.Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTMENT OF INFORMATICS
Faculty of Information Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR BISNIS STUDI KASUS JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada

Rumpun Mata Kuliah Manajemen Informatika
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LUQMAN WAHYU HIDAYAT
NRP: 5112 100 174

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Drs.Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.P.
NIP: 195908031986011001



(Pembimbing 1)

Erma Suryani, S.T.,
NIP: 197004272005012001

M.T.

Ph.D.

(Pembimbing 2)

SURABAYA
JUNI 2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR BISNIS STUDI KASUS JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Luqman Wahyu Hidayat
NRP : 5121 100 174
Jurusan : Teknik Informatika FTIf-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Drs.Ec. Ir. Rryanarto Sarno, M.Sc.,
Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu faktor penting dalam pembangunan bagi setiap bangsa termasuk Indonesia. Energi listrik memiliki peran penting dalam bagi pembangunan baik dalam aspek ekonomi maupun sosial. Mengetahui seberapa besar kebutuhan energi listrik ke depannya akan membawa banyak sekali keuntungan-keuntungan baik dalam bidang ekonomi maupun sosial. Mengingat begitu besar dan pentingnya manfaat energi listrik sedangkan sumber energi pembangkit listrik terbatas dan harus digunakan seefisien mungkin, maka diperlukan upaya berupa langkah-langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik secara optimal dan seefisien mungkin.

Tugas akhir ini membahas bagaimana pemodelan dinamis dapat membantu menghasilkan skenario konsumsi listrik terhadap sektor bisnis di masa depan. Pemodelan ini mempelajari struktur sistem yang kompleks dan untuk menguji skenario yang berbeda-beda dan juga besar jumlah variabel, yang mempengaruhi perilaku, dapat dipertimbangkan. Produsen listrik membutuhkan pengetahuan dari total konsumsi energi listrik untuk mendukung bisnis mereka agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik dengan seefisien mungkin, seperti keputusan kapan diperlukan investasi gardu induk baru.

Hasil dari permodelan dan simulasi dinamis digunakan untuk menganalisa permintaan energi listrik sektor bisnis berdasarkan kondisi saat ini dan memperkirakan permintaan listrik pada sector bisnis di masa depan serta bagaimana mengatasi permintaan energi listrik di masa depan.

Kata kunci: Simulasi Dinamis, Energi Listrik, Sektor Bisnis, Ekonometri.

DYNAMICS SIMULATION MODEL OF DEMAND AND SUPPLY ELECTRICITY FOR BUSINESS SECTOR CASE STUDY EAST JAVA

Student Name : Luqman Wahyu Hidayat
Student ID : 5121 100 174
Major : Informatics Department FTIf-ITS
Advisor 1 : Prof. Drs.Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D
Advisor 2 : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

Electrical energy is one important factor in the development of every nation, including Indonesia. Electrical energy has an important role in the development of both the economic and social aspects. Knowing how much electrical energy needs in the future will bring a lot of benefits both in economic and social fields. Given the very large and important energy benefits of electricity while the power generation energy sources are limited and must be used as efficiently as possible, efforts are needed in the form of strategic measures to support the provision of electrical energy optimally and efficiently as possible.

This thesis explores how dynamic modeling can help generate electricity consumption scenario of the business sector in the future. This modeling study the structure of complex systems and to test different scenarios and also a large number of variables, which affect the behavior could be considered. Manufacturer of electricity requires knowledge of the total consumption of electrical energy to support their business in order to meet the needs of electrical energy as efficiently as possible, such as the decision when new investments are required substations.

The results of modeling and dynamic simulation is used to analyze the demand for electrical energy business sector based on current conditions and forecast electricity demand in business in

the future as well as how to cope with demand for electric energy in the future.

Keywords: Dynamic Simulation, Energy, Business Sector, Econometrics.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR BISNIS STUDI KASUS JAWA TIMUR

Melalui lembar ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghormatan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah, Ibu, adik, dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Informatika ITS yang telah banyak menyampaikan ilmu dan bimbingan yang tak ternilai harganya bagi penulis.
3. Teman-teman angkatan 2012 Jurusan Teknik Informatika ITS yang telah menjadi teman seperjuangan dalam suka dan duka selama 4 tahun penulis menjalani kuliah.
4. Serta pihak-pihak lain yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Bagaimanapun juga penulis telah berusaha sebaik-baiknya dalam menyusun tugas akhir ini, namun penulis mohon maaf apabila terdapat kekurangan yang penulis lakukan. Kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan sebagai bahan perbaikan selanjutnya.

Surabaya, Juni 2016

Luqman Wahyu Hidayat

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
<i>Abstrak</i>	vii
<i>Abstract</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR KODE SUMBER	xxv
DAFTAR PERSAMAAN	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	5
1.3. Rumusan Permasalahan.....	5
1.4. Batasan Permasalahan	6
1.5. Manfaat.....	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Kondisi Kekinian Kelistrikan Jawa Timur	9
2.2. Klasifikasi Kelistrikan dan Tarif Bisnis	12
2.3. Metode Simulasi Dinamis	12
2.4. Metode Ekonometri	15
2.5. Dokumentasi Kebutuhan Listrik (DKL) 3.2.....	16
2.6. Data-data PT PLN P3B, PLN Distribusi, dan BPS	17
2.6.1. Data Gardu Induk Jatim.....	17
2.6.2. Data <i>Demand</i> Bisnis Jawa Timur	18
2.6.3. RUPTL	19
2.6.4. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)	22
2.7. Perangkat Lunak yang digunakan	23
2.7.1. Vensim.....	23

2.7.2.	Matlab 2013.....	23
2.7.3.	Minitab 17	24
2.7.4.	Microsoft Excel 2013	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1.	Tahapan Pengerjaan	25
3.2.	Penjelasan Tahapan Pengerjaan	26
3.2.1.	Tahap Studi Literatur.....	26
3.2.2.	Tahap Pemahaman Sistem.....	26
3.2.3.	Tahap Observasi dan Pengumpulan Data.....	26
3.2.4.	Tahap Pengembangan <i>Causal Loop Diagram</i>	26
3.2.5.	Tahap Pengolahan Data.....	27
3.2.6.	Tahap Penentuan Ekuasi dan Formula	27
3.2.7.	Tahapan Pengembangan <i>Stock and Flow Diagram</i>	27
3.2.8.	Tahap Simulasi	28
3.2.9.	Tahap Uji Validasi.....	28
3.2.10.	Tahap Pemodelan Skenario	29
3.2.11.	Tahap Perbandingan dengan Metode DKL 3.2 ...	29
3.2.12.	Tahap Analisis dan Kesimpulan.....	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		31
4.1.	Gambaran Umum Sistem	31
4.2.	Pengumpulan dan Pengolahan Data	32
4.2.1.	Pengolahan Data Evaluasi Tarif PLN Distribusi Jawa Timur (<i>Data Demand</i>)	33
4.2.2.	Pengolahan Data Gardu Induk PLN (<i>Data Supply</i>).	34
4.2.3.	Pengolahan Data Pelanggan Daerah Metropolitan PLN	37

4.2.4.	Data Statistik PDRB Jawa Timur	38
4.3.	Pemahaman Sistem.....	43
4.4.	Identifikasi Variabel Signifikan	45
4.5.	Pemodelan <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD).....	48
4.5.1.	<i>Causal Loop Diagram</i> Sistem Umum	49
4.5.2.	<i>Causal Loop Diagram Supply</i> Energi Listrik.....	50
4.5.3.	<i>Causal Loop Diagram Demand</i> Energi Listrik ...	50
4.6.	Pemodelan <i>Stock and Flow Diagram</i> (SFD)	52
4.6.1.	Model SFD <i>Supply</i> Jawa Timur	53
4.6.2.	Model SFD PDRB Bisnis.....	58
4.6.3.	Perhitungan Ekonometri Bisnis.....	76
4.6.4.	Model <i>Demand</i> APJ Bojonegoro (APJ BJB)	78
4.6.5.	Model <i>Demand</i> APJ Surabaya Utara (APJ SBU)	87
4.6.6.	Model <i>Demand</i> APJ Mojokerto (APJ MJK)	97
4.6.7.	Model <i>Demand</i> Total Jawa Timur (Jatim)	106
4.7.	Hasil Simulasi <i>Base Model</i>	115
4.8.	Uji Validasi	117
4.8.1.	Validasi Tarif B-1.....	118
4.8.2.	Validasi Tarif B-2.....	122
4.8.3.	Validasi Tarif B-3.....	126
4.8.4.	Validasi Tarif Total Demand Bisnis.....	130
4.9.	Pengembangan Skenario	134
4.9.1.	Skenario Tarif B-1	135
4.9.2.	Skenario Tarif B-2.....	137
4.9.3.	Skenario Tarif B-3.....	139
4.9.4.	Skenario Tarif <i>Demand</i> Total Jawa Timur	141
4.10.	Pembahasan Skenario.....	143
4.10.1.	Pembahasan Skenario APJ BJB	144

4.10.2.	Pembahasan Skenario APJ SBU	145
4.10.3.	Pembahasan Skenario APJ MJK	147
4.10.4.	Pembahasan Skenario Jawa Timur	148
4.11.	Analisis Perbandingan Simulasi Dinamis dengan Metode DKL 3.2.....	151
4.11.1.	APJ BJG	152
4.11.2.	APJ SBU.....	153
4.11.3.	APJ MJK	154
4.11.4.	Jawa Timur	155
4.11.5.	Hasil Perbandingan Metode	156
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	159
5.1.	Kesimpulan.....	159
5.2.	Saran.....	160
DAFTAR PUSTAKA.....		161
DAFTAR SIMBOL.....		163
LAMPIRAN A. Contoh Data Yang Digunakan.....		165
BIODATA PENULIS.....		175

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tarif Dasar Listrik Sektor Bisnis.....	3
Gambar 2.1 Prosentase Pemakaian Listrik Tiap Sektor Indonesia	10
Gambar 2.2 Macam-macam Variabel.....	14
Gambar 2.3 Peta Jaringan Kelistrikan di Jawa Timur	21
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir	25
Gambar 4.1 Prosentase Pemakaian Listrik Tiap Sektor Indonesia	31
Gambar 4.2 Gambaran Umum Sistem	32
Gambar 4.3 CLD Sistem Umum	49
Gambar 4.4 CLD <i>Supply</i> Listrik.....	50
Gambar 4.5 CLD GDP Terhadap Sektor Bisnis.....	51
Gambar 4.6 CLD <i>Demand</i> Listrik	52
Gambar 4.7 <i>Supply</i> APJ SBU.....	55
Gambar 4.8 <i>Supply</i> APJ MJK.....	56
Gambar 4.9 <i>Supply</i> APJ BJG	57
Gambar 4.10 <i>Supply</i> Seluruh Jawa Timur	60
Gambar 4.11 <i>Curve Fitting</i> PDRB Bisnis	62
Gambar 4.12 SFD PDRB Terhadap Tarif B-1	63
Gambar 4.13 Model PDRB Bisnis Sosial.....	66
Gambar 4.14 SFD PDRB terhadap Tarif B-2.....	68
Gambar 4.15 Model PDRB Bisnis Pengangkutan.....	69
Gambar 4.16 SFD PDRB Terhadap Tarifi B-3	72
Gambar 4.17 Model PDRB Pemerintahan Umum	75
Gambar 4.18 Contoh list data pertumbuhan persentase untuk mencari persamaan ekonometri.....	77
Gambar 4.19 Tampilan pada menu fit model.....	77
Gambar 4.20 Hasil Perhitungan Persamaan Ekonometri	78
Gambar 4.21 Model penggunaan listrik sektor bisnis APJ BJG ..	79
Gambar 4.22 Total <i>Demand</i> Bisnis APJ BJG	82
Gambar 4.23 Grafik Base Model Total Demand Bisnis APJ BJG	83

Gambar 4.24 Daya Langgan Bisnis APJ BJG	84
Gambar 4.25 Grafik Base Model Daya Langgan Bisinis APJ BJG	84
Gambar 4.26 Model Prosentase penggunaan daya listrik APJ BJG	85
Gambar 4.27 Grafik Pemakaian Listrik APJ BJG	86
Gambar 4.28 Kekurangan daya listrik APJ BJG	87
Gambar 4.29 Model penggunaan listrik sektor bisnis APJ SBU	88
Gambar 4.30 Total <i>Demand</i> Bisnis APJ SBU	91
Gambar 4.31 Grafik Base Model Total Demand Bisnis APJ SBU	92
Gambar 4.32 Daya Langgan Bisnis APJ SBU	93
Gambar 4.33 Grafik Base Model Daya Langgan Bisinis APJ SBU	94
Gambar 4.34 Model Prosentase penggunaan daya listrik APJ SBU	94
Gambar 4.35 Grafik Pemakaian Listrik APJ SBU	95
Gambar 4.36 Kekurangan daya listrik APJ SBU	96
Gambar 4.37 Model penggunaan listrik sektor bisnis APJ MJK	97
Gambar 4.38 Total <i>Demand</i> Bisnis APJ MJK	100
Gambar 4.39 Grafik Base Model Total Demand Bisnis APJ MJK	101
Gambar 4.40 Daya Langgan Bisnis APJ MJK	102
Gambar 4.41 Grafik Base Model Daya Langgan Bisinis APJ MJK	103
Gambar 4.42 Model Prosentase penggunaan daya listrik APJ MJK	103
Gambar 4.43 Grafik Pemakaian Listrik APJ MJK	104
Gambar 4.44 Kekurangan daya listrik APJ MJK	105
Gambar 4.45 Model penggunaan listrik sektor bisnis Jatim	106
Gambar 4.46 Total <i>Demand</i> Bisnis Jatim	109
Gambar 4.47 Grafik Base Model Total Demand Bisnis Jatim	110
Gambar 4.48 Daya Langgan Bisnis Jatim	111
Gambar 4.49 Grafik Base Model Daya Langgan Bisinis Jatim	112

Gambar 4.50 Model Prosentase Penggunaan Daya Listrik Jawa Timur.....	112
Gambar 4.51 Grafik Pemakaian Listrik Jatim	113
Gambar 4.52 Kekurangan Daya Listrik Jatim.....	114
Gambar 4.53 Grafik Demand Tarif B-1 Jawa Timur	115
Gambar 4.54 Grafik Demand Tarif B-2 Jawa Timur	116
Gambar 4.55 Grafik Demand Tarif B-3 Jawa Timur	116
Gambar 4.56 Grafik Demand Total Sektor Bisnis Jawa Timur	117
Gambar 4.57 Grafik Perbandingan Tarif B-1 APJ BJG	119
Gambar 4.58 Grafik Perbandingan Tarif B-1 APJ SBU	120
Gambar 4.59 Grafik Perbandingan Tarif B-1 APJ MJK	121
Gambar 4.60 Grafik Perbandingan Tarif B-1 Jawa Timur	122
Gambar 4.61 Grafik Perbandingan Tarif B-2 APJ BJG	123
Gambar 4.62 Grafik Perbandingan tarif B-2 APJ SBU.....	124
Gambar 4.63 Grafik Perbandingan tarif B-2 APJ MJK	125
Gambar 4.64 Grafik Perbandingan tarif B-2 Jawa Timur	126
Gambar 4.65 Grafik Perbandingan tarif B-3 APJ BJG	127
Gambar 4.66 Grafik Perbandingan tarif B-3 APJ SBU.....	128
Gambar 4.67 Grafik Perbandingan tarif B-3 APJ MJK	129
Gambar 4.68 Grafik Perbandingan tarif B-3 Jawa Timur	130
Gambar 4.69 Grafik Perbandingan <i>Demand</i> Bisnis APJ BJG...	131
Gambar 4.70 Grafik Perbandingan <i>Demand</i> Bisnis APJ SBU..	132
Gambar 4.71 Grafik Perbandingan <i>Demand</i> Bisnis APJ MJK..	133
Gambar 4.72 Grafik Perbandingan <i>Demand</i> Bisnis Jawa Timur	134
Gambar 4.73 Skenario Tarif B-1 APJ BJG	136
Gambar 4.74 Skenario Tarif B-1 APJ SBU.....	136
Gambar 4.75 Skenario Tarif B-1 APJ MJK	137
Gambar 4.76 Skenario Tarif B-1 Jawa Timur	137
Gambar 4.77 Skenario Tarif B-2 APJ BJG	138
Gambar 4.78 Skenario Tarif B-2 APJ SBU.....	138
Gambar 4.79 Skenario Tarif B-2 APJ MJK	139
Gambar 4.80 Skenario Tarif B-2 Jawa Timur	139
Gambar 4.81 Skenario Tarif B-3 APJ BJG	140
Gambar 4.82 Skenario Tarif B-3 APJ SBU.....	140

Gambar 4.83 Skenario Tarif B-3 APJ MJK	141
Gambar 4.84 Skenario Tarif B-3 Jawa Timur	141
Gambar 4.85 Skenario Tarif Total APJ BJG.....	142
Gambar 4.86 Skenario Tarif Total APJ SBU	142
Gambar 4.87 Skenario Tarif Total APJ MJK.....	143
Gambar 4.88 Skenario Tarif Total Jawa Timur.....	143
Gambar 4.89 Skenario <i>Supply</i> APJ BJG	145
Gambar 4.90 Skenario <i>Supply</i> APJ SBU.....	146
Gambar 4.91 Skenario <i>Supply</i> APJ MJK	149
Gambar 4.92 Skenario <i>Supply</i> Jawa Timur	150
Gambar 4.93 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model APJ BJG	153
Gambar 4.94 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model APJ SBU	154
Gambar 4.95 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model APJ MJK.....	155
Gambar 4.96 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model Jawa Timur.....	156

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data <i>List</i> Gardu Induk di Jawa Timur	17
Tabel 2.2 Contoh data GI dari PLN	19
Tabel 2.3 16 Area Pelayanan Jaringan (APJ) Jawa Timur	20
Tabel 2.4 Contoh data Demand dari PLN dalam kWh.....	20
Tabel 2.5 Contoh data PDRB pada bidang tertentu	23
Tabel 4.1 Evaluasi VA Tersambung Sektor Bisnis Tahun 2016.	33
Tabel 4.2 Evaluasi VA Tersambung Sektor Bisnis Tahun 2016.	34
Tabel 4.3. Pasokan Energi Listrik APJ BJG.....	35
Tabel 4.4. Pasokan Energi Listrik APJ MJK.....	35
Tabel 4.5. Pasokan Energi Listrik APJ SBU.....	36
Tabel 4.6. Sampel Nama Pelanggan Tarif B-1	37
Tabel 4.7. Sampel Nama Pelanggan Tarif B-2.....	37
Tabel 4.8. Sampel Nama Pelanggan Tarif B-3.....	38
Tabel 4.9 PDRB Bisnis Jawa Timur 2012 (dalam Juta Rupiah) .	39
Tabel 4.10 PDRB Bisnis Jawa Timur 2013 (dalam Juta Rupiah)	40
Tabel 4.11 PDRB Bisnis Jawa Timur 2014 (dalam Juta Rupiah)	41
Tabel 4.12 Pemetaan Jenis Bisnis Terhadap Tarif	43
Tabel 4.13 Variabel Signifikan <i>Supply</i> Bisnis.....	46
Tabel 4.14 Variabel Signifikan <i>Demand</i> Bisnis	47
Tabel 4.15 Variabel Signifikan Peramalan.....	48
Tabel 4.16 <i>Time Bounds</i> pada model	53
Tabel 4.17 Auxiliary Total Power GI.....	58
Tabel 4.18 Auxiliary Percentage of GI X Power to APJ X.....	58
Tabel 4.19 Auxiliary Power Distribution GI X to APJ X	59
Tabel 4.20 <i>Auxiliary Supply</i> Jatim	61
Tabel 4.21 Prosentase Kenaikan PDRB per-Triwulan	62
Tabel 4.22 Pertumbuhan PDRB Bisnis Sosial	64
Tabel 4.23 Pertumbuhan PDRB Bisnis Perseorangan.....	64
Tabel 4.24 Pertumbuhan PDRB Bisnis Hiburan	64
Tabel 4.25 Pertumbuhan PDRB Bisnis Perdagangan.....	65
Tabel 4.26 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Bisnis Sosial	66
Tabel 4.27 Rate PDRB Bisnis Sosial	66
Tabel 4.28 Level PDRB Bisnis Sosial.....	67

Tabel 4.29 Pertumbuhan PDRB Bisnis Konstruksi.....	68
Tabel 4.30 Pertumbuhan PDRB Bisnis Pengangkutan.....	69
Tabel 4.31 Pertumbuhan PDRB Bisnis Komunikasi.....	69
Tabel 4.32 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Bisnis Pengangkutan	70
Tabel 4.33 Rate PDRB Angkutan	70
Tabel 4.34 Level PDRB Angkutan.....	70
Tabel 4.35 Pertumbuhan PDRB Bisnis Pemerintah	71
Tabel 4.36 Pertumbuhan PDRB Bisnis Perusahaan Umum	73
Tabel 4.37 Pertumbuhan PDRB Bisnis Bank.....	73
Tabel 4.38 Pertumbuhan PDRB Bisnis Hotel	73
Tabel 4.39 Pertumbuhan PDRB Bisnis Persewaan	74
Tabel 4.40 Pertumbuhan PDRB Bisnis Restoran	74
Tabel 4.41 Pertumbuhan PDRB Bisnis Finansial non-Bank.....	74
Tabel 4.42 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Pemerintahan Umum	75
Tabel 4.43 Rate PDRB Pemerintahan Umum	76
Tabel 4.44 Level PDRB Pemerintahan Umum	76
Tabel 4.45 Persamaan Ekonometri sektor bisnis APJ BJJ	80
Tabel 4.46 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis APJ BJJ	80
Tabel 4.47 Level Tarif B-1 APJ BJJ	81
Tabel 4.48 Level Tarif B-2 APJ BJJ	81
Tabel 4.49 Level Tarif B-3 APJ BJJ	81
Tabel 4.50 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ BJJ.....	82
Tabel 4.51 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ BJJ.....	83
Tabel 4.52 Auxiliary Daya Langgan Bisnis APJ BJJ	84
Tabel 4.53 Auxiliary utilisasi penggunaan daya listrik APJ BJJ.....	85
Tabel 4.54 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ BJJ	87
Tabel 4.55 Persamaan Ekonometri sektor bisnis APJ BJJ	89
Tabel 4.56 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis APJ SBU	90
Tabel 4.57 Level Tarif B-1 APJ SBU	90
Tabel 4.58 Level Tarif B-2 APJ SBU	90
Tabel 4.59 Level Tarif B-3 APJ SBU	91
Tabel 4.60 Auxiliary Total Demand Sosial APJ SBU	91
Tabel 4.61 Auxiliary Total <i>Demand</i> Bisnis APJ SBU	92
Tabel 4.62 Auxiliary Daya Langgan Bisnis APJ SBU.....	93

Tabel 4.63 Auxiliary utilisasi penggunaan daya listrik APJ SBU	95
Tabel 4.64 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ SBU	96
Tabel 4.65 Persamaan Ekonometri sektor sosial APJ MJK	98
Tabel 4.66 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis APJ MJK	98
Tabel 4.67 Level Tarif B-1 APJ MJK	99
Tabel 4.68 Level Tarif B-2 APJ MJK	99
Tabel 4.69 Level Tarif B-3 APJ MJK	100
Tabel 4.70 Auxiliary Total Demand Sosial APJ MJK	100
Tabel 4.71 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ MJK	101
Tabel 4.72 Auxiliary Daya Langgan Bisnis APJ MJK	102
Tabel 4.73 Auxiliary utilisasi penggunaan daya listrik APJ MJK	104
Tabel 4.74 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ MJK	105
Tabel 4.75 Persamaan Ekonometri sektor sosial Jatim	107
Tabel 4.76 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis Jatim	108
Tabel 4.77 Level Tarif B-1 Jatim	108
Tabel 4.78 Level Tarif B-2 APJ Jatim	108
Tabel 4.79 Level Tarif B-3 Jatim	109
Tabel 4.80 Auxiliary Total Demand Bisnis Jatim	109
Tabel 4.81 Auxiliary Total Demand Bisnis Jatim	110
Tabel 4.82 Auxiliary Daya Langgan Bisnis Jatim	111
Tabel 4.83 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik Jatim	113
Tabel 4.84 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik Jatim	114
Tabel 4.85 Hasil Validasi tarif B-1 APJ BJG	118
Tabel 4.86 Hasil Validasi tarif B-1 APJ SBU	119
Tabel 4.87 Hasil Validasi tarif B-1 APJ MJK	120
Tabel 4.88 Hasil Validasi tarif B-1 Jawa Timur	121
Tabel 4.89 Hasil Validasi tarif B-2 APJ BJG	122
Tabel 4.90 Hasil Validasi tarif B-2 APJ SBU	123
Tabel 4.91 Hasil Validasi tarif B-2 APJ MJK	124
Tabel 4.92 Hasil Validasi tarif B-2 Jawa Timur	125
Tabel 4.93 Hasil Validasi tarif B-3 APJ BJG	126
Tabel 4.94 Hasil Validasi tarif B-3 APJ SBU	127
Tabel 4.95 Hasil Validasi tarif B-3 APJ MJK	128

Tabel 4.96 Hasil Validasi tarif B-3 Jawa Timur.....	129
Tabel 4.97 Hasil Validasi <i>Demand</i> Bisnis APJ BJG.....	130
Tabel 4.98 Hasil Validasi <i>Demand</i> Bisnis APJ SBU	131
Tabel 4.99 Hasil Validasi <i>Demand</i> Bisnis APJ MJK.....	132
Tabel 4.100 Hasil Validasi <i>Demand</i> Bisnis Jawa Timur.....	133
Tabel 4.101 <i>Time Bound</i> pada skenario model	135
Tabel 4.102 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ BJG.....	144
Tabel 4.103 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ SBU	146
Tabel 4.104 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ MJK.....	148
Tabel 4.105 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik Jatim	149
Tabel 4.106 Tabel Perbandingan Simulasi Dinamis dan DKL 3.2	152
Tabel 4.107 Perbandingan <i>Demand</i> Sektor Bisnis menggunakan Simulasi Dinamis dan DKL 3.2 pada.....	152
Tabel 4.108 E1 dan E2 2 Metode APJ BJG	152
Tabel 4.109 E1 dan E2 2 Metode APJ SBU.....	153
Tabel 4.110 E1 dan E2 2 Metode APJ MJK	154
Tabel 4.111 E1 dan E2 2 Metode Jawa Timur	155

DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 4.1 Membuat fungsi sinus pada Matlab.....	60
Kode Sumber 4.2 Untuk menampilkan <i>Curve Fitting</i> dari data..	60

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1)	18
Persamaan (2.2)	18
Persamaan (3.1)	32
Persamaan (3.2)	32
Persamaan (4.1)	46
Persamaan (4.2)	46
Persamaan (4.3)	46
Persamaan (4.4)	56
Persamaan (4.5)	56
Persamaan (4.6)	64
Persamaan (4.7)	88
Persamaan (4.8)	90
Persamaan (4.9)	122
Persamaan (4.10)	122

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai garis besar tugas akhir yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan dan batasan permasalahan, manfaat pembuatan tugas akhir, dan sistematika penulisan.

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu dari kebutuhan utama bagi manusia pada masa sekarang. Banyak kegunaan dari energi listrik dalam kehidupan sehari-hari masyarakat baik pada sektor rumah tangga, industri, fasilitas umum, maupun bisnis. Sektor bisnis memiliki peranan sangat penting bagi pertumbuhan perekonomian pemerintah, terutama pemerintahan negara berkembang seperti Indonesia. Kebutuhan energi listrik pada sektor bisnis mempunyai kebutuhan yang cukup besar di dibandingkan sektor lainnya. Hal tersebut dikarenakan pertumbuhan bisnis yang pesat sehingga membutuhkan pasokan energi listrik besar untuk banyaknya kantor-kantor pelaku bisnis, antara lain mesin yang mendukung masing-masing proses bisnis penerangan, alat-alat elektronik seperti pendingin ruangan, komputer dan lain-lain.

Dikarenakan konsumsi energi listrik serta permintaan kebutuhan energi listrik yang semakin besar meningkat pada sektor bisnis maka diperlukan pemenuhan pasokan energi listrik yang besar pula. Sehingga pasokan energi listrik untuk memenuhi permintaan energi listrik pada sektor bisnis semakin juga mengalami pertumbuhan menyesuaikan seberapa banyak permintaan energi listrik di sektor bisnis tersebut. Pemenuhan permintaan energi listrik harus memperhatikan nilai ekonomis dan seefisien mungkin agar tidak terjadi kerugian bagi pihak pemasok energi listrik. Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan pasokan energi listrik terhadap permintaan kebutuhan energi listrik yang baik untuk meminimalisir kerugian serta untuk memperkirakan

seberapa besar kebutuhan energi listrik kedepannya agar penambahan pasokan energi listrik sesuai besarnya pertumbuhan kebutuhan energi listrik.

Tugas akhir ini membahas bagaimana memperkirakan pertumbuhan permintaan energi listrik serta pemenuhan pasokan untuk permintaan energi listrik di sektor bisnis seefisien mungkin dengan mempertimbangkan nilai ekonomis dalam pengalokasian energi listrik. Perkiraan perkembangan pasokan dan permintaan energi listrik di sektor bisnis ini akan disajikan dengan pemodelan dinamis untuk memodelkan bagaimana pertumbuhan permintaan dan pasokan energi listrik di masa depan dengan mempertimbangkan data-data yang berkaitan dengan permintaan dan pasokan energi listrik di sektor bisnis serta meramalkan perilaku dari pertumbuhan permintaan energi listrik di sektor bisnis untuk memperkirakan bagaimana model pertumbuhan energi listrik di masa depan secara dinamis. Kebutuhan energi listrik di sektor bisnis yang besar merupakan beban dasar dari pasokan energi listrik dari pelaku pemasokan energi listrik di Indonesia, yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN). Penggolongan pengguna energi listrik di sektor bisnis oleh PLN dibedakan berdasarkan tarif dan batas dayanya seperti yang tertera pada Gambar 1.

Studi kasus yang dibahas pada tugas akhir ini adalah pada wilayah Jawa Timur. Pada sisi permintaan, kebutuhan energi listrik yang terus meningkat memaksa PLN menentukan solusi untuk mengatasi permasalahan kebutuhan energi listrik di sektor bisnis karena sektor bisnis merupakan roda perekonomian masyarakat yang sangat penting dan harus disegerakan penanganannya agar tidak mengganggu perekonomian negara, terutama di Jawa Timur.

Permasalahan yang muncul di sektor bisnis adalah subsidi yang terus membengkak. Selisih antara harga produksi dan harga jual energi listrik adalah penyebab utama. Harga produksi membengkak karena sebagian besar energi listrik dibangkitkan dengan bahan bakar minyak yang mahal serta tidak efisiennya sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi. Rendahnya harga jual juga menyebabkan dorongan untuk

melakukan penghematan menjadi sangat rendah di kalangan konsumen. Di sisi lain, banyak konsumen yang tidak layak mendapatkan subsidi atau mampu membayar lebih mahal jika kualitas listrik yang didapat bisa dijamin.

TARIF TENAGA LISTRIK UNTUK KEPERLUAN BISNIS

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	B-1/TR	450 VA	23.500	Blok I : 0 s.d. 30 kWh : 254 Blok II : di atas 30 kWh : 420	535
2.	B-1/TR	900 VA	26.500	Blok I : 0 s.d. 108 kWh : 420 Blok II : di atas 108 kWh : 465	630
3.	B-1/TR	1.300 VA	*)	966	966
4.	B-1/TR	2.200 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.100	1.100
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.352	1.352
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.020$ Blok LWBP = 1.020 kVArh = 1.117 ***)	-
Catatan : *) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$ **) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$ Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung. ***) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus). K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara. WBP : Waktu Beban Puncak. LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.					

Gambar 1.1 Tarif Dasar Listrik Sektor Bisnis

Seiring dengan tingkat pertumbuhan ekonomi, maka tingkat permintaan akan energi listrik akan cenderung meningkat pada waktu yang akan datang. Dengan mempertimbangkan asumsi pertumbuhan ekonomi nasional rata-rata tumbuh sebesar 6,1% pertahun dan pertumbuhan penduduk secara nasional tumbuh sebesar 1,3% pertahun, perkiraan kebutuhan tenaga listrik nasional sesuai Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2008-2027 diperkirakan akan mencapai rata-rata sebesar 9,2% per tahun (*Master Plan* Pembangunan Ketenagalistrikan 2010 – 2014 KESDM, 2009: 13). Mengingat tingkat pasokan dan teknologi

penyediaan energi listrik nasional cenderung tetap, sehingga ancaman dua krisis di masa mendatang harus segera diatasi demi keberlanjutan pembangunan.

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah dapat memodelkan dan mensimulasikan secara dinamis berdasarkan waktu dalam pertumbuhan permintaan akan kebutuhan energi listrik dan pemasokkannya dan menemukan permasalahan yang terjadi pada pemodelan yang sesuai dengan kenyataan lapangannya, lalu dilakukan penanganan permasalahan tersebut dengan kebijakan di kehidupan nyata yang disimulasikan pada pemodelan dinamis. Selain itu untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur dengan melihat data tahun-tahun sebelumnya sebagai penentu perilaku pertumbuhan sektor bisnis di Jawa Timur. Setelah permintaan akan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur dapat diperkirakan akan dilakukan penanganan terhadap perkiraan permintaan energi listrik tersebut dari sisi pemasoknya yaitu PLN baik dengan menambah pembangkit listrik dengan memperhatikan segi ekonomisnya dan dari segi kesehatan lingkungan dengan menambah pasokan dari energi yang dapat diperbaharui maupun dengan kebijakan yang terkait dengan tarif listrik untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang bertujuan untuk menekan penggunaan energi listrik berlebih pada waktu tertentu dan untuk menstabilkan jumlah pasokan energi listrik dan permintaan kebutuhan energi listrik pada waktu yang sama.

Pemodelan dinamis digunakan karena permasalahan yang terjadi dalam pasokan dan permintaan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur bergerak berdasarkan waktu sehingga pemodelan dilakukan secara dinamis yang bergerak berdasarkan faktor waktu. Selain itu pemodelan dinamis dapat memperkirakan kebutuhan energi listrik kedepannya berdasarkan perilaku yang deteksi dari data-data sebelumnya dan dapat memungkinkan penentuan skenario terbaik dalam penanganan masalah yang terjadi pada tugas akhir ini untuk memutuskan kebijakan apa yang harus diambil oleh PLN dalam mengatasi permasalahan tersebut.

Pemodelan pada tugas akhir ini merupakan pemodelan jangka panjang (*long-term model*) [1]. *Long-term model* digunakan untuk menentukan memodelkan permintaan kebutuhan energi listrik di sektor bisnis pada jangka waktu yang panjang dengan melihat pola pertumbuhan bisnis di Jawa Timur. Untuk menangani permintaan tersebut, kebijakan yang harus diambil oleh PLN terkait dengan pengananan permintaan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur seperti penentuan tarif dasar listrik untuk menekan penggunaan energi listrik, penambahan pembangkit listrik berupa energi terbarukan, dan kebijakan lainnya.

1.2. Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini, antara lain:

1. Memodelkan evolusi kebutuhan listrik dan beban listrik pada konsumsi listrik sektor bisnis di Jawa Timur 12 tahun mendatang.
2. Untuk memahami perilaku *demand* energi listrik pada sektor bisnis berdasarkan data lampau yang faktual.
3. Untuk memproyeksikan bagaimana kemungkinan *demand* energi listrik pada sektor bisnis pada masa mendatang.
4. Untuk mengetahui rugi daya listrik yang kemungkinan terjadi.
5. Untuk mengetahui perkiraan kapan perlunya untuk menambahkan pasokan listrik maupun penambahan gardu induk.
6. Membandingkan metode simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2 dari PLN.

1.3. Rumusan Permasalahan

Perumusan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini, antara lain adalah:

1. Bagaimana evolusi kebutuhan listrik jangka panjang pada konsumsi listrik sektor bisnis.
2. Bagaimana perilaku kebutuhan listrik dan beban listrik pada konsumsi listrik sektor bisnis di Jawa Timur 12 tahun mendatang.

3. Mengapa dan bagaimana perubahan perilaku konsumsi listrik itu terjadi.
4. Bagaimana memproyeksikan kemungkinan konsumsi listrik sektor bisnis dari waktu ke waktu.

1.4. Batasan Permasalahan

Batasan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Pemodelan dilakukan dengan perangkat lunak yang spesifik, dengan metode pemodelan dinamis *long-term*.
2. Data yang digunakan adalah data dari PLN P3B dan PLN Distribusi Jawa Timur.
3. Pemodelan dibuat untuk sektor bisnis di Jawa Timur.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari pembuatan tugas akhir ini antara lain:

1. Dapat memprediksi konsumsi listrik dari segi *demand* listrik pada masa mendatang.
2. Dapat mengambil langkah preventif yang berhubungan dengan listrik di Jawa Timur berdasarkan hasil proyeksi dari pemodelan.
3. Dapat memberikan metode baru kepada PLN dalam memproyeksikan perilaku listrik di masa depan.

1.6. Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran dari pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu, diharapkan dapat berguna untuk pembaca yang tertarik untuk melakukan pengembangan lebih lanjut. Secara garis besar, buku tugas akhir terdiri atas beberapa bagian seperti berikut ini.

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan dan manfaat pembuatan tugas akhir, permasalahan, batasan masalah,

manfaat yang didapat, dan sistematika penyusunan tugas akhir.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas beberapa teori penunjang yang berhubungan dengan pokok pembahasan dan mendasari pembuatan tugas akhir ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini membahas mengenai perancangan permodelan simulasi dinamis. Perancangan model meliputi perancangan data, arsitektur, dan proses.

Bab IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang analisa serta pembahasan dari proses pengolahan berdasarkan metode yang sudah ditentukan untuk mengetahui hasil penelitian tugas akhir.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan. Bab ini membahas saran-saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

Daftar Pustaka

Merupakan daftar referensi yang digunakan untuk mengembangkan tugas akhir.

Lampiran

Merupakan bab tambahan yang berisi data-data lampiran pengerjaan tugas akhir.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang menjadi dasar dari pembuatan tugas akhir. Teori-teori tersebut meliputi pengertian dan beberapa analisis terkait kondisi listrik di Indonesia, metode simulasi dinamis, DKL, data-data yang terkait dengan tugas akhir serta metode ekonometrik.

2.1. Kondisi Kekinian Kelistrikan Jawa Timur

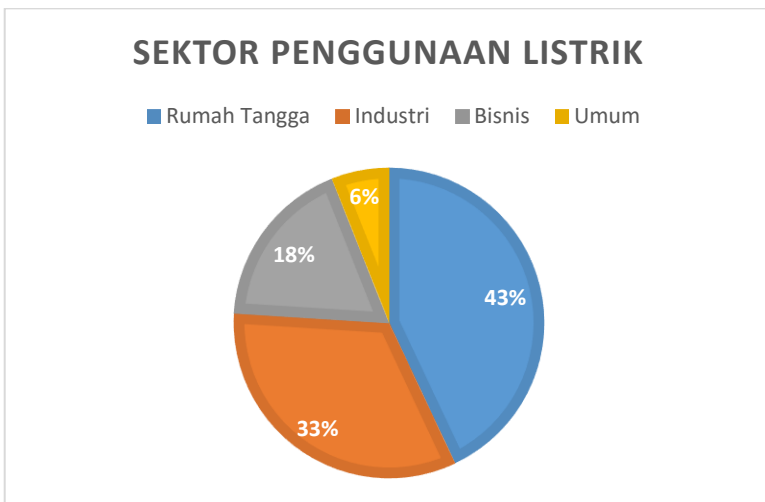
Pada tugas akhir ini penggunaan listrik dibedakan menjadi 4 sektor, yaitu:

1. Sektor rumah tangga
2. Sektor industri
3. Sektor bisnis
4. Sektor umum (sosial dan publik)

Kondisi kelistrikan nasional hingga akhir 2014 berdasarkan catatan yang ada di Kementerian energi dan sumber daya mineral hingga akhir 2014 menunjukkan total kapasitas terpasang pembangkit 53.585 MW. 37.280 MW (70%) disumbangkan oleh PLN, *Independent Power Producer* (IPP) sebesar 10.995 MW (20%), *Public Private Utility* (PPU) sebesar 2.634 MW (5%), Izin Operasi Non-BBM (IO) sebesar 2.677 MW (5%). Konsumsi energi rata-rata 199 tWh sedangkan produksi tenaga listriknya 228 tWh (hanya PLN dan IPP). Rasio elektrifikasi nasional tercatat sebesar 84,35%. Pemakaian listrik pergolongan terbesar untuk golongan rumah tangga yaitu sebesar 43%, disusul kemudian dengan industri sebesar 33%, bisnis 18% dan terakhir 6% publik [2], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Kondisi kelistrikan awal Maret 2015, total sistem kelistrikan di Indonesia terdapat 22 sistem, dengan perincian, enam dalam kondisi normal (cadangan >20%), 11 siaga (cadangan <1 unit terbesar) dan 5 defisit (pemadaman sebagian). Bauran energi *mix* untuk pengadaan tenaga listrik antara lain, batubara 52%, gas 24%, BBM (Bahan Bakar Minyak) 11,7%, air 6,4%, panas bumi 4,4%

dan energi lainnya sebesar 0,4%. Untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang terus tumbuh, pemerintah sedang mengupayakan penambahan kapasitas listrik sebesar 7.000 MW per tahun 35.000 MW dalam lima tahun. Pembagian pengadaan tambahan tenaga listrik dibagi berdasarkan zona, Sumatera direncanakan sebesar 8,75 GW, Kalimantan 1,87 GW, Sulawesi 2,70 GW, Jawa-Bali 20,91 GW, Nusa Tenggara 0,70 GW, Maluku 0,28 GW dan Papua 0,34 GW. Guna mendukung program, penambahan kapasitas listrik 35.000 MW, akan dibangun pula jaringan transmisi total diseluruh Indonesia sepanjang 46.597 kms yang terdiri dari, 2.689 kms untuk 70 kV, 33.562 kms untuk jaringan 150 kV, 5.262 kms untuk 275 kV, 3.541 kms untuk 500 kV, dan 1.543 kms untuk jaringan 500 kvDC [3].



Gambar 2.1 Persentase Pemakaian Listrik Tiap Sektor Indonesia

Tariff adjustment listrik bulan Desember 2015 telah ditetapkan. Sesuai Peraturan Menteri (Permen) Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 31/2014 sebagaimana telah diubah dengan Permen ESDM No 09/2015, *tariff adjustment* diberlakukan setiap bulan, menyesuaikan perubahan nilai tukar mata uang Dollar

Amerika terhadap mata uang Rupiah, harga minyak dan inflasi bulanan. Dengan mekanisme *tariff adjustment*, tarif listrik setiap bulan memang dimungkinkan untuk turun, tetap atau naik berdasarkan ketiga indikator tersebut. *Tariff adjustment* berlaku bagi golongan pelanggan yang sudah tidak disubsidi, yaitu rumah tangga daya 1.300 *Volt Ampere* (VA) ke atas, bisnis sedang daya 6.600 VA ke atas, industri besar daya 200.000 VA ke atas, kantor pemerintah daya 6.600 VA ke atas, lampu penerangan jalan umum (PJU) dan layanan khusus [3].

Pada bulan Desember 2015 secara umum tarif listrik bagi pelanggan yang sudah tidak disubsidi mengalami penurunan dibanding bulan sebelumnya. Golongan tarif rumah tangga sedang (R-2) daya 3.500 VA – 5.500 VA dan rumah tangga besar (R-3) daya 6.600 VA ke atas turun dari Rp. 1.533 per kilo Watt hour (kWh) pada bulan November 2015 menjadi Rp. 1.509 per kWh pada bulan Desember 2015. Untuk golongan tarif bisnis sedang, industri besar, kantor pemerintah, PJU (Penerangan Jalan Umum) dan layanan khusus juga mengalami penurunan tipis dibanding bulan sebelumnya [3]. Penurunan ini dipengaruhi tingkat inflasi yang rendah dan nilai tukar rupiah yang menguat beberapa waktu terakhir. Berdasarkan perbandingan hasil analisis efisiensi terhadap seluruh sektor yang ada, maka sektor umum merupakan sektor yang paling besar terjadi pemborosan dalam penggunaan energi listrik yang ada. Sektor industri dan sektor komersial merupakan sektor yang paling efisien dalam penggunaan energi listrik. Pendapatan riil sektor umum berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah permintaan energi listrik pada sektor umum.

Sementara untuk pelanggan rumah tangga kecil daya 450 VA dan 900 VA, bisnis dan industri kecil serta pelanggan sosial tarifnya tetap dan tidak diberlakukan *tariff adjustment*. Pelanggan golongan ini masih diberikan subsidi oleh Pemerintah. Mulai bulan Desember 2015, pelanggan PLN golongan tarif rumah tangga daya 1.300 VA dan 2.200 VA diberlakukan mekanisme *tariff adjustment*. Hal ini menyusul penerapan *tariff adjustment* kepada 10 golongan tarif lainnya yang sudah berlaku sejak 1 Januari 2015. Sebenarnya,

tarif listrik bagi rumah tangga daya 1.300 VA dan 2.200 VA harus sudah mengikuti mekanisme *tariff adjustment* saat itu, namun Pemerintah dan PLN mengambil kebijakan untuk menunda penerapan *tariff adjustment* bagi pelanggan rumah tangga daya 1.300 VA dan 2.200 VA. Pertimbangannya saat itu, pelanggan golongan tersebut sudah mengalami kenaikan tarif listrik secara bertahap sejak Juli 2014 hingga November 2014 [3]. Selain itu penundaan juga untuk meringankan beban ekonomi pelanggan di kedua golongan tersebut.

2.2. Klasifikasi Kelistrikan dan Tarif Bisnis

Pelanggan yang termasuk kedalam golongan tarif bisnis adalah pelanggan yang sebagian atau seluruh tenaga listrik dari PT PLN (Persero) digunakan untuk salah satu atau beberapa kegiatan berbentuk [4]:

1. Usaha jual beli barang, jasa, dan perhotelan.
2. Usaha perbankan.
3. Usaha perdagangan ekspor/impor.
4. Kantor Firma, CV, PT atau badan hukum/perorangan yg bergerak dalam bidang usaha perdagangan.
5. Usaha pergudangan dimana sebagian atau seluruh bangunan digunakan untuk tempat penyimpanan barang atau material.
6. Usaha perorangan atau badan hukum yang sebagian besar atau seluruh kegiatannya merupakan penjualan barang atau jasa.
7. Usaha-usaha lainnya yang bertendensi komersial seperti praktek dokter, dan lain sebagainya.

Berbeda dengan aturan tarif tenaga listrik sebelumnya, usaha dengan kegiatan pengolahan yang memberikan nilai tambah atas sesuatu produk, dapat dikeluarkan dari kelompok tarif bisnis dan dimasukkan dalam kelompok Industri.

2.3. Metode Simulasi Dinamis

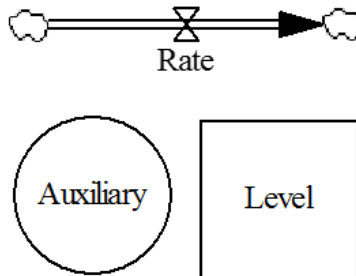
Sistem dinamis merupakan suatu metode pemodelan yang diperkenalkan oleh Jay Forrester pada tahun 1950-an dan dikembangkan di Massachusetts Institute of Technology Amerika.

Sesuai dengan namanya, penggunaan metode ini erat berhubungan dengan pertanyaan-pertanyaan tentang system dinamis yang kompleks, yaitu pola-pola tingkah laku yang dibangkitkan oleh sistem itu dengan bertambahnya waktu. Oleh karena itulah model-model dinamika sistem diklasifikasikan ke dalam model matematik kausal [5].

Sistem dinamis adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeskripsikan, memodelkan, dan mensimulasikan suatu sistem yang dinamis (dari waktu ke waktu terus berubah). Di dalam sistem dinamis diajarkan bagaimana berpikir secara sistem. Artinya adalah dalam menyelesaikan suatu masalah tidak dilihat pada satu pokok bagian saja, tetapi dilihat semua pengaruhnya terhadap semua yang berhubungan dengan masalah tersebut [6].

Ciri-ciri sistem dinamis yaitu mencakup lintasan waktu dan sebuah mekanisme waktu (*clock mechanism*) menggerakkan waktu, sehingga variabel status berubah saat waktu berubah. Suatu model sistem dinamis dibentuk karena adanya hubungan sebab-akibat (*causal*) yang memengaruhi struktur di dalamnya baik secara langsung antar dua struktur, maupun akibat dari berbagai hubungan yang terjadi pada sejumlah struktur, hingga membentuk umpan-balik (*causal loop*). Struktur umpan-balik ini merupakan blok pembentuk model yang diungkapkan melalui lingkaran-lingkaran hubungan sebab-akibat dari variabel-variabel yang melingkar secara tertutup [7].

Pendekatan simulasi dinamis dapat digunakan untuk membuat keputusan dalam rangka untuk menemukan kebijakan dan beberapa keputusan bermanfaat yang dapat diterapkan dalam jangka waktu tertentu. Simulasi dinamis digunakan sebagai metode analisis untuk model sistem dan mengevaluasi perilaku, grafik, dan data peramalan dalam model sistem. Sebuah model simulasi dinamis harus lulus uji validasi pada *base model* sistem. Tujuan dari uji validasi adalah membuktikan kredibilitas model sistem dan data mendekati sama dengan data asli dalam *base model*. Model yang sudah terbukti valid digunakan untuk keputusan skenario untuk membuat keputusan di masa depan.



Gambar 2.2 Macam-macam Variabel

Pada Gambar 2.4 merupakan beberapa macam variabel yang digunakan pada aplikasi vensim serta simulasi dinamis. *Stock (level)* dan *flow (rate)*, dalam merepresentasikan aktivitas dalam suatu *causal-loop*, digunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *stock (level)* dan *flow (rate)*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat. *Level* merupakan akumulasi di dalam sistem. Persamaan suatu variabel *rate* merupakan suatu struktur kebijaksanaan yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat berdasarkan kepada informasi yang tersedia di dalam sistem. *Rate* inilah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*. *Auxiliary* adalah beberapa hal yang dapat melengkapi variabel *stock* dan aliran, dalam memodelkan sistem dinamis.

Ada dua jenis model dalam simulasi dinamis, antara lain *Causal Loop Diagram (CLD)* untuk model konseptual yang memberikan gambaran kualitatif masalah sistem dalam model dan *Stock and Flow Diagram (SFD)* untuk menjelaskan model sistem dalam korelasi kuantitatif antara variabel dalam model [6]. CLD berguna untuk mewakili hubungan kausal antara variabel dalam model, di sisi lain SFD mengendalikan tingkat aliran ke awal, membuat masalah mekanisme penyesuaian dalam model yang lebih jelas dan menunjukkan perilaku variabel dalam grafik.

Secara umum, langkah-langkah yang terlibat dalam pembuatan simulasi dinamis adalah sebagai berikut [8]:

1. Identifikasi masalah.

2. Tentukan faktor-faktor yang dominan terhadap permasalahan.
3. Menelusuri terbentuknya *loop* umpan balik dan interaksi antara *loop* satu dengan yang lainnya (CLD).
4. Melakukan perhitungan simulasi.
5. Menentukan validitas dari model yang dibuat.
6. Menerapkan kebijakan tertentu dalam melakukan modifikasi terhadap model.
7. Melakukan simulasi berikutnya dengan model yang mengalami perubahan.
8. Menarik kesimpulan.

2.4. Metode Ekonometri

Metode ekonometri adalah metode analisis yang menghitung pertumbuhan masalah dalam model dikombinasikan dengan perubahan ekonomi yang sebenarnya didasarkan pada data faktual. Metode ekonometri menggabungkan tiga ilmu pokok yang berbeda seperti ekonomi, matematika, dan statistik [9].

Ekonometri juga merupakan suatu analisis kuantitatif dari fenomena ekonomi yang aktual berdasarkan pada pengembangan bersama dari teori dan pengamatan, yang dihubungkan dengan metode-metode penarikan kesimpulan yang sesuai, melalui beberapa langkah yaitu menspesifikasikan model ekonomi, dalam arti menerjemahkan hubungan ekonomi yang ada berdasarkan konsep-konsep dan ketentuan-ketentuan yang terdapat dalam teori ekonomi ke dalam fungsi matematis. Kemudian model ekonomi diubah menjadi model ekonometri, yang setelahnya model tersebut ditaksir berdasarkan data ekonomi dengan memanfaatkan teori serta metode statistik yang relevan [10]. Selanjutnya penaksir parameter-parameter yang diperoleh diuji secara statistik dan kebenarannya apakah sesuai atau tidak dengan konsep dan ketentuan yang ada dalam teori ekonomi.

Adapun tujuan ekonometri antara lain:

- a) Untuk memberikan kontribusi dalam membuat prediksi atau peramalan,

- b) Untuk dapat memberikan sumbangan kepada pembuat kebijakan atau mengambil keputusan yang lebih tepat serta mengevaluasi kebijakan yang telah ada.

Hubungan antara data dari model dengan data sekunder seperti data ekonomi berubah menjadi persamaan matematika dan data yang nantinya disajikan sebagai data statistik.

2.5. Dokumentasi Kebutuhan Listrik (DKL) 3.2

Model DKL 3.2 merupakan suatu model yang disusun dengan menggabungkan beberapa metode seperti ekonometri, kecenderungan, dan analitis dengan pendekatan sektoral. Model DKL 3.2 digunakan PLN untuk menyusun prakiraan kebutuhan listrik [11].

Pada model DKL 3.2, pendekatan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan energi listrik adalah dengan mengelompokkan pelanggan menjadi empat sektor yaitu :

- Sektor rumah tangga, terdiri dari pemakai rumah tangga dan pemakai kecil (golongan tarif R1, R2, dan R3);
- Sektor bisnis, terdiri dari pemakai bisnis (golongan tarif B1, B2, dan B3, T, C, M);
- Sektor umum, terdiri dari pemakai gedung/kantor pemerintah, lampu penerangan jalan umum, dan sosial. (golongan tariff S1, S2, S3, P1, P2, dan P3);
- Sektor industri, terdiri dari pemakai industri dan hotel (golongan tarif I1, I2, I3, dan I4).

Untuk tarif bisnis sendiri, terdapat persamaan yang digunakan untuk menghitung *demand* listrik, yaitu:

$$E.B = E.B_{n-1} \left(1 + eB \times \frac{gB}{100\%} \right) \quad (2.1)$$

$$eB = \frac{\text{Pertumbuhan permintaan energi bisnis}}{\text{Pertumbuhan PDRB total}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$E.B$ = Jumlah Energi Listrik Bisnis

$E.B_{n-1}$ = Jumlah Energi Listrik Bisnis Tahun Sebelumnya

gB = Pertumbuhan PDRB Bisnis
 eB = Elastisitas Bisnis

Prinsip dasar metode DKL 3.2 menggunakan bentuk *incremental*, dimana hubungan variabel bebas dan variabel tak bebasnya dinyatakan dalam bentuk perubahan dari variable-variabel itu. Kelebihan dari metode ini adalah metode ini digunakan PLN dalam melakukan perkiraan kebutuhan energi listrik yang masih bersifat linier. Namun, dalam perhitungannya metode ini tidak melakukan uji statistik yang dapat menunjukkan apakah variabel dalam model berkorelasi kuat [3].

2.6. Data-data PT PLN P3B, PLN Distribusi, dan BPS

Beberapa data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data-data yang diambil langsung dari PT PLN P3B Jawa Bali di Sepanjang, Waru, Sidoarjo juga PT PLN Distribusi Jawa Timur. Beberapa data yang dibutuhkan atau didapatkan akan diolah untuk keperluan pemodelan simulasi [4].

2.6.1. Data Gardu Induk Jatim

Data gardu induk didapatkan dari PLN Distribusi bagian Niaga. Di Jawa Timur sendiri terdapat 98 Gardu Induk (GI) yang tersebar di seluruh Jawa Timur. PLN membagi daerah persebaran gardu induk menjadi tiga wilayah yaitu tengah, timur dan barat yang masing-masing wilayah akan memasok listrik ke kota-kota pada wilayah tersebut. Tabel 2.1 adalah data *list* gardu induk yang ada di Jawa Timur.

Tabel 2.1 Data *List* Gardu Induk di Jawa Timur

Tengah	Timur	Barat
1. Alta Prima	1 Bangil	1 Babat
2. Babadan	2 Banyuwangi	2 Banaran
3. Balong Bendo	3 Blimbing	3 Blitar
4. Bangkalan	4 Bondowoso	4 Bojonegoro
5. Buduran	5 Bulu	5 Caruban
6. Cerme	Kandang	6 Dolopo
7. Darmo Grand	6 Bumicokro	7 Gitet Kediri

Tengah	Timur	Barat
8. Driyorejo	7 Genteng	8 Jaya Kertas
9. Gilitimur	8 Gondang	9 Jombang
10. Karang Pilang	Wetan	10 Kertosono
11. Kasih Jatim	9 Grati	11 Lamongan
12. Kenjeran	10 Jember	12 Magetan
13. Krembangan	11 Karang Kates	13 Manisrejo
14. Krian	12 Kebon Agung	14 Mliwang
15. Kupang	13 Kraksaan	15 Mojoagung
16. Manyar	14 Lawang	16 Mojokerto
17. Ngagel	15 Lumajang	17 Mranggen
18. Pamekasan	16 Paiton	18 New Pacitan
19. Perak	17 Pakis	19 Nganjuk
20. Petro Kimia	18 Pandaan	20 Ngawi
21. Porong	19 Pier	21 Ngimbang
22. Rungkut	20 Polehan	22 Ngoro
23. Sampang	21 Probolinggo	23 Paciran
24. Sawahan	22 Purwosari	24 Pare
25. Segoromadu	23 Selorejo	25 Ploso
26. Sidoarjo	24 Sengguruh	26 Plta
27. Simpang	25 Sengkaling	Tulungagung
28. Sukolilo	26 Situbondo	27 " Pltu Pacitan
29. Sumenep	27 Sukorejo	(Sudimoro) "
30. Tandes	28 Tanggul	28 Ponorogo
31. Ujung	29 Turen	29 Siman
32. Undaan		30 Tarik
33. Waru		31 Trenggalek
34. Wonokromo		32 Tuban
35. Wonorejo		33 Tulungagung
		34 Wlingi

Tabel 2.2 merupakan contoh dari data yang diperoleh dari PLN Distribusi. Data ini mencakup data GI memasok listrik ke APJ mana saja serta berapa total listrik yang dipasok.

2.6.2. Data Demand Bisnis Jawa Timur

Data *demand* didapatkan dari PLN Distribusi Jawa Timur, data tersebut merupakan penggunaan listrik (kWh), daya langgan

(VA), keuntungan yang didapatkan PLN (rupiah) serta waktu pemakaian mulai dari bulan Januari 2012 sampai dengan Februari 2016. Di Jawa Timur sendiri dibagi menjadi 16 Area Pelayanan Jaringan (APJ) berikut adalah *list* APJ yang ada di Jawa Timur seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Contoh Data GI dari PLN

GARDU INDUK	Trafo			No	PENYU- LANG	APJ	Tertinggi	Rata- rata
	No Tra- fo	Prim (Kv)	Da- ya (MV A)					
Gardu Induk BA- NGIL	3	150	60		MERLIN GERIN		774	594
				1	Beji	PSR	253	182
				2	PIER A	PSR	158	125
				3	PIER B	PSR	96	68

Pada Tabel 2.4 merupakan contoh data yang didapatkan dari PLN Distribusi Jatim. Data dibawah merupakan contoh data penjualan KWH di daerah Surabaya Selatan pada sektor sosial.

2.6.3. RUPTL

RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) adalah pedoman pengembangan sistem kelistrikan di wilayah usaha PLN untuk sepuluh tahun mendatang yang optimal, disusun untuk mencapai tujuan tertentu serta berdasarkan pada kebijakan dan kriteria perencanaan tertentu. Dengan demikian pelaksanaan proyek-proyek kelistrikan di luar RUPTL yang dapat menurunkan efisiensi investasi perusahaan dapat dihindarkan. Selain didorong oleh kebutuhan internal PLN sendiri untuk mempunyai RUPTL, dokumen perencanaan ini juga dibuat oleh PLN untuk memenuhi

peraturan dan perundangan yang ada di sektor ketenagalistrikan [3].

Tabel 2.3 16 Area Pelayanan Jaringan (APJ) Jawa Timur

No	Kode APJ	APJ
1	SBS	Surabaya Selatan
2	SBU	Surabaya Utara
3	SBB	Surabaya Barat
4	MLG	Malang
5	PSR	Pasuruan
6	KDR	Kediri
7	MJK	Mojokerto
8	MDN	Madiun
9	JBR	Jember
10	BJG	Bojonegoro
11	BWG	Banyuwangi
12	STB	Situbondo
13	PKS	Pamekasan
14	GSK	Gresik
15	SDA	Sidoarjo
16	PNG	Ponorogo

Tabel 2.4 Contoh Data *Demand* dari PLN dalam kWh

Gol Tarif	Januari	Februari	Maret	April
B-1	1.584	1.589	1.578	1.652
B-2	6.800.276	6.839.002	6.842.029	6.852.113
B-3	8.265.314	8.122.423	8.466.362	8.262.626

Gambar 2.3 merupakan peta jaringan kelistrikan yang ada di Jawa Timur serta rencana yang mungkin akan dilaksanakan PLN untuk beberapa tahun kedepan dalam membuat penempatan gardu induk yang baru.

Pada dasarnya tujuan penyusunan RUPTL adalah memberikan pedoman dan acuan pengembangan sarana kelistrikan PT PLN dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik di wilayah usahanya secara lebih efisien dan lebih baik, sehingga dapat dihindari ketidak-efisienan perusahaan sejak tahap perencanaan.



Gambar 2.3 Peta Jaringan Kelistrikan di Jawa Timur

Sasaran RUPTL yang ingin dicapai sepuluh tahun ke depan secara nasional adalah pemenuhan kebutuhan kapasitas dan energi listrik, peningkatan efisiensi serta kinerja sistem kelistrikan sejak dari tahap perencanaan yang secara umum meliputi:

1. Mengatasi kekurangan pasokan tenaga listrik yang terjadi di beberapa daerah;
2. Tercapainya pemenuhan kebutuhan kapasitas dan energi listrik setiap tahun dengan tingkat keandalan yang diinginkan secara *least-cost*;
3. Tercapainya bauran bahan bakar (*fuel-mix*) yang lebih baik untuk menurunkan Biaya Pokok Penyediaan (BPP);
4. Tercapainya pemanfaatan energi baru dan terbarukan utamanya panas bumi sesuai dengan program pemerintah, serta energi terbarukan lain seperti tenaga air;
5. Tercapainya rasio elektrifikasi yang digariskan oleh RUKN, dan mencapai rasio elektrifikasi minimum 60% pada setiap provinsi;

6. Tercapainya keandalan dan kualitas listrik yang makin membaik;
7. Tercapainya angka rugi jaringan transmisi dan distribusi.

2.6.4. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

PDRB adalah jumlah nilai tambah barang dan jasa yang dihasilkan dari seluruh kegiatan pekonomian diseluruh daerah dalam tahun tertentu atau periode tertentu dan biasanya satu tahun. – penghitungan PDRB menggunakan dua macam harga yaitu harga berlaku dan harga konstan. PDRB harga atas harga berlaku merupakan nilai tmabah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada tahun yang bersangkutan sementara atas harga konstan dihitung dengan menggunakan harga pada tahun tertentu sebagai tahun dasar.

Perekonomian Jawa Timur tahun 2014 tumbuh sebesar 5,86%. Pertumbuhan terjadi pada seluruh lapangan usaha. penyediaan akomodasi dan makan minum merupakan lapangan usaha yang mengalami pertumbuhan tertinggi sebesar 8,88%, diikuti oleh jasa perusahaan sebesar 8,52% dan jasa kesehatan dan kegiatan sosial sebesar 8,17 % [2].

Ekonomi Jawa Timur tahun 2014 tumbuh 5,86% melambat dibanding tahun 2013 sebesar 6,08%. Dari sisi produksi, pertumbuhan tertinggi dicapai oleh lapangan usaha penyediaan akomodasi dan makan minum sebesar 8,88%. Dari sisi pengeluaran pertumbuhan tertinggi dicapai oleh komponen pengeluaran konsumsi lembaga nonprofit sebesar 13,39%.

Berikut adalah contoh dari data PDRB yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS) Jawa Timur yang ditunjukkan pada Tabel 2.5, dimana data ini merupakan data dari BPS pada tahun 2012. Data ini merupakan data satu tahun, yang satu tahun nya dibagi menjadi empat triwulan, sehingga data yang ada merupakan data per triwulan. Serta data yang dimiliki mulai dari data Tahun 2012 sampai dengan data tahun 2014 [2].

Tabel 2.5 Contoh Data PDRB pada Bidang Tertentu

IX. Jasa - Jasa	19,749,754.32	22,514,906.14	23,731,127.02	25,879,077.12
a. Pemerintahan Umum	7,554,865.10	9,309,557.05	9,830,506.45	11,066,649.89
b. Swasta	12,194,889.21	13,205,349.09	13,900,620.58	14,812,427.23
1. Jasa Sosial Kemasyarakatan	2,374,321.73	2,793,729.64	2,755,646.24	2,824,810.93
2. Jasa Hiburan Dan Kebudayaan	755,720.59	841,693.10	891,365.26	989,991.42
3. Jasa Perorangan Dan RT	9,064,846.90	9,569,926.36	10,253,609.07	10,997,624.87
Produk Domestik Regional Bruto	267,059,263.69	279,895,542.46	293,775,501.21	295,427,558.43

2.7. Perangkat Lunak yang digunakan

Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan beberapa perangkat lunak spesifik, antara lain disebutkan pada subbab dibawah ini.

2.7.1. Vensim

Vensim merupakan sebuah *platform* untuk mensimulasikan sistem yang kompleks yang diterapkan pada sistem dinamis. Vensim merupakan perangkat lunak simulasi yang dikembangkan oleh *Ventana System* yang menganalisis hubungan variabel dan elemen struktur diagram menggunakan model persamaan. Hal ini ditandai dengan *output* visual, perilaku sistem dan status sistem ditampilkan secara grafis. Hal ini berguna untuk analisis komparatif. Fitur dari perangkat lunak diuraikan dalam manual referensi mereka [12].

2.7.2. Matlab 2013

Matlab atau yang kita sebut dengan Matrix Laboratory yaitu sebuah program untuk menganalisis dan mengkomputasi data numerik, dan Matlab juga merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan, yang dibentuk dengan dasar pemikiran yang menggunakan sifat dan bentuk matriks.

Matlab yang merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory*, merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *The Mathwork Inc.* yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C++.

Matlab yang juga merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks, sering kita gunakan untuk teknik komputasi numerik, yang kita gunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi, dan lain-lain. Sehingga Matlab banyak digunakan pada:

- Matematika dan komputansi,
- Pengembangan dan algoritma,
- Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototipe,
- Analisa data, eksplorasi, dan visualisasi,
- Analisis numerik dan statistik,
- Pengembangan aplikasi teknik.

2.7.3. Minitab 17

Minitab adalah program yang dirancang untuk pengolahan data. Minitab diciptakan oleh *Minitab Inc*, sebuah perusahaan yang ada di Pennsylvania. Minitab memiliki keunggulan dalam pengolahan data statistik seperti *ANOVA*, analisis *Multivariate*, analisis *Time Series*, *Quality Control*, Analisis data kuantitatif, analisis Nonparametrik, dan lain-lain. Aplikasi ini memberikan tampilan desain grafis yang mudah dipahami. Banyak mahasiswa yang menggunakan aplikasi ini untuk mengolah data mereka secara kuantitatif .

2.7.4. Microsoft Excel 2013

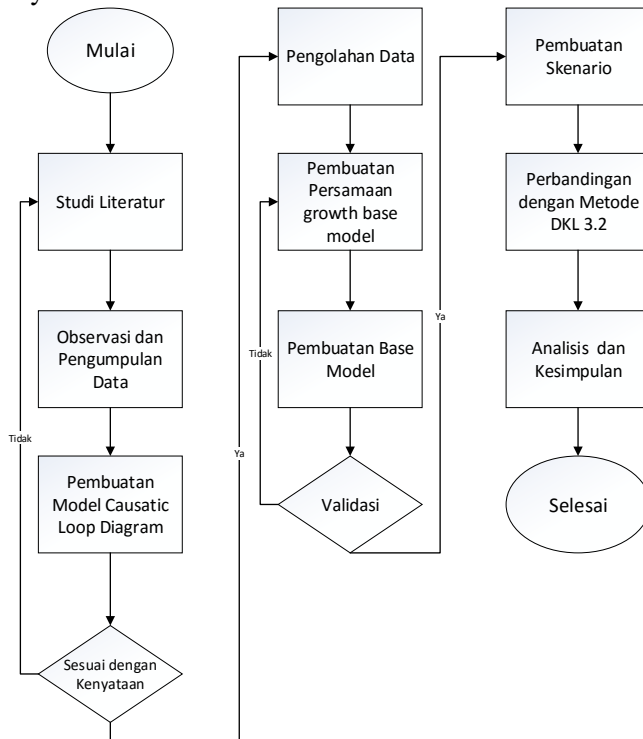
Microsoft Excel atau Microsoft Office Excel adalah sebuah program aplikasi lembar kerja *spreadsheet* yang dibuat dan didistribusikan oleh *Microsoft Corporation* yang dapat dijalankan pada *Microsoft Windows* dan *Mac OS*. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi dan pembuatan grafik yang, dengan menggunakan strategi *marketing* Microsoft yang agresif, menjadikan Microsoft Excel sebagai salah satu program komputer yang populer digunakan di dalam komputer mikro hingga saat ini. Bahkan, saat ini program ini merupakan program spreadsheet paling banyak digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metodologi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.

3.1. Tahapan Pengerjaan

Gambar 3.1 merupakan diagram alir atau *flowchart* tahapan pengerjaan yang dilakukan disesuaikan dengan langkah-langkah pemodelan dan simulasi menggunakan metode pemodelan dinamis. Setiap tahapan akan dijelaskan lebih rinci pada subbab berikutnya.



Gambar 3.1 *Flowchart* Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Penjelasan Tahapan Pengerjaan

Berikut ini akan dijelaskan secara detail setiap langkah tahapan pengerjaan yang telah dilakukan.

3.2.1. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini, akan dicari studi literatur yang relevan untuk dijadikan referensi dalam pengerjaan tugas akhir. Studi literatur ini didapatkan dari buku, internet, dan materi-materi kuliah yang berhubungan dengan metode yang akan digunakan.

3.2.2. Tahap Pemahaman Sistem

Tahap pemahaman sistem bertujuan untuk memahami karakteristik dari sistem yang menjadi objek pengerjaan. Pemahaman sistem dimulai dengan menyelaraskan antara latar belakang masalah, rumusan masalah, dan tujuan pengerjaan yang akan dicapai. Setelah ketiga masalah tersebut tersusun dengan baik, maka selanjutnya adalah mengkaji kondisi dan situasi sistem saat dengan observasi langsung atau melakukan kajian pustaka terkait dengan sistem.

3.2.3. Tahap Observasi dan Pengumpulan Data

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi sebenarnya dari sistem. Maksud dari observasi lapangan ini adalah sebagai acuan dalam pembuatan model karena pada dasarnya pembuatan model tergantung pada kondisi riil di lapangan sehingga model yang dibuat dapat menggambarkan keadaan nyata dari sistem. Serta mengobservasi perilaku dari sektor fasilitas umum di Jawa Timur. Data yang digunakan didapatkan dari PT PLN Persero P3B dan PLN Distribusi Jawa Timur serta BPS Jawa Timur.

3.2.4. Tahap Pengembangan *Causal Loop Diagram*

Setela seluruh variabel signifikan dan parameter yang mempengaruhinya berhasil diidentifikasi, selanjutnya dapat dilakukan pengembangan CLD. Pengembangan CLD

dimaksudkan untuk memvisualisasikan bagaimana keterkaitan variabel dan parameter pada suatu sistem. Dengan dikembangkan CLD maka akan semakin mudah dalam memahami bagaimana sistem yang menjadi objek pengerjaan berjalan. Dimungkinkan saat mengembangkan CLD terlihat kekurangan dari variabel atau parameter yang ada pada sistem, hal ini bisa dilakukan penambahan atau pengurangan variabel dan parameter sehingga langkah bisa kembali pada tahap sebelumnya untuk memperbaiki konseptual sistem.

3.2.5. Tahap Pengolahan Data

Pada Tahap ini data yang berasal dari PLN serta BPS akan diolah. Data tersebut meliputi data GI (Gardu Induk), data *demand* bisnis, dan data PRDB. Dari data yang diolah dapat diketahui berapa persen pertumbuhan data tersebut dari data sebelumnya.

3.2.6. Tahap Penentuan Ekuasi dan Formula

Pada SFD model sistem terdapat komponen-komponen berupa parameter, *rate*, *level*, *auxiliary*. Setiap komponen pada SFD menggambarkan konseptual dari sistem sebenarnya sehingga agar model dapat disimulasikan maka setiap komponen dari model harus diberikan suatu formula atau ekuasi tertentu secara kuantitatif. Ekuasi didapatkan dari observasi pada variabel-variabel sistem dan dicari keterkaitannya dengan kajian pustaka. Penentuan formula dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang mendukung pendekatan simulasi dinamis.

3.2.7. Tahapan Pengembangan *Stock and Flow Diagram*

Tahap ini dilakukan dengan didasari dari pengembangan CLD. Diagram *Stock and Flow* (SFD) merupakan cerminan dari proses bisnis dari sistem yang memungkinkan untuk dieksplorasi perilakunya dan diuji pengaruh perubahan pada struktur dan ketentuan yang mengatur perilakunya.

Pada SFD konseptual di CLD diubah lebih ke arah model yang dapat disimulasikan. SFD merupakan tahap paling penting karena merepresentasikan simulasi model dari sistem yang sebenarnya terjadi dan simulasinya sendiri sesuai dengan pendekatan simulasi dinamis.

3.2.8. Tahap Simulasi

Tahap ini dapat dilakukan setelah tahap penentuan ekuasi selesai. Dengan adanya ekuasi pada tiap variabel pada model maka simulasi dapat dilakukan. Hal yang perlu diperhatikan pada simulasi adalah diperlukannya masukan data sekunder untuk masukan pada variabel dasar penentu hasil ekuasi. Data-data sekunder tersebut bersifat historis yang merepresentasikan kondisi sistem dari pada suatu waktu dulu hingga saat ini. Hasil proyeksi jangka panjang dari simulasi diperoleh dengan menggunakan masukan data sekunder.

3.2.9. Tahap Uji Validasi

Tahap uji validasi dilakukan untuk menentukan seberapa akurat hasil dari proyeksi dengan menggunakan data historis yang ada dengan ekuasi yang sudah ditentukan. Validasi dilakukan dengan membandingkan data hasil dari simulasi terhadap data sebenarnya atau data asli.

Ada dua uji validasi yang dilakukan, yaitu uji *error* rata-rata (*error mean*) yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1 dan uji variasi amplitudo grafik (*error variance*) yang ditunjukkan pada Persamaan 3.2.

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (3.1)$$

$$E2 = \frac{|S_s - S_A|}{S_A} \quad (3.2)$$

\bar{S} merupakan rata-rata dari data model, sedangkan \bar{A} merupakan rata-rata dari data sebenarnya. S_s merupakan standar

deviasi dari data model, sedangkan S_A merupakan standard deviasi dari data sebenarnya. Kedua uji validasi tersebut akan menghasilkan suatu model yang valid jika nilai $E1 \leq 5\%$ dan nilai dari $E2 \leq 30\%$. Apabila belum valid maka model harus diulangi ke tahap pemahaman sistem lagi terus sampai model valid dan dianggap bisa menjadi *base model* dari model sistem yang sesuai dengan kondisi sebenarnya. *Output* dari tahap ini menghasilkan suatu *base model*.

3.2.10. Tahap Pemodelan Skenario

Tahap ini bertujuan untuk memanipulasi model dan data dari *base model* agar hasil simulasi sistem dapat dibandingkan untuk melihat skenario apa saja yang mungkin terjadi di masa depan. Nantinya, skenario didapatkan dari penambahan parameter serta variabel terhadap model sehingga menghasilkan skenario yang sesuai dengan keinginan.

Terdapat tiga skenario yang dikembangkan pada tahap ini yaitu skenario optimis, *most likely*, dan pesimis. Skenario optimis merepresentasikan peningkatan yang lebih pada hasil simulasi model, sedangkan skenario pesimis merupakan kebalikannya. Skenario *most likely* merupakan proyeksi di masa depan dari *base model* yang tidak diubah dan tidak diberi parameter tambahan.

3.2.11. Tahap Perbandingan dengan Metode DKL 3.2

Pada tahap ini, membandingkan metode simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2 dengan membandingkan *error* yang terjadi diantara kedua metode tersebut.

3.2.12. Tahap Analisis dan Kesimpulan

Setelah simulasi pada perangkat lunak *vensim* selesai, maka langkah selanjutnya adalah memberikan analisis dan kesimpulan terhadap penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, dimana hasil dari analisis dan kesimulan ini dapat menjadi acuan untuk menentukan rekomendasi atau kebijakan.

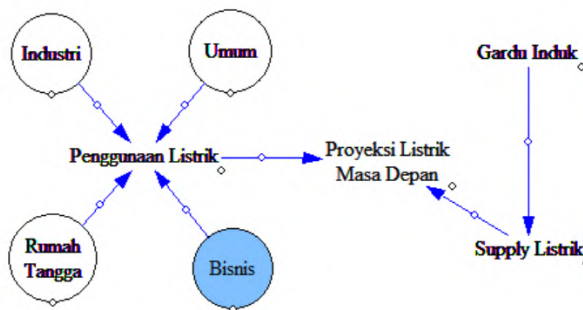
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas analisis serta pembahasan model yang telah dibahas pada Bab III. Namun dalam penerapannya, perancangan model tersebut dapat mengalami perubahan minor sewaktu-waktu apabila dibutuhkan.

4.1. Gambaran Umum Sistem

Listrik Jawa Timur dipasok dari gardu dan didistribusikan ke sektor Bisnis di Jawa Timur. Ada 16 APJ (Listrik *Service Area*) di Jawa Timur, setiap APJ mempunyai perilaku permintaan yang berbeda. Penelitian ini menggabungkan data permintaan semua listrik dari semua 16 APJ di Jawa Timur.

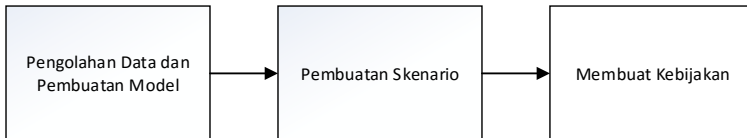


Gambar 4.1 Prosentase Pemakaian Listrik setiap Sektor Indonesia

Pada Gambar 4.1 merupakan bentuk model yang akan dibuat secara umum. Pada penggunaan listrik pada sektor industri, rumah tangga, dan bisnis akan dikerjakan oleh orang lain, dikarenakan tugas akhir ini bersifat kelompok. Dalam tiap-tiap 4 sektor terdapat beberapa perbedaan seperti faktor-faktor yang berkaitan dengan penggunaan dan perkembangan listrik. Untuk sektor bisnis sendiri terdiri dari tiga tarif yaitu B1, B2, dan B3. Pada *supply* listrik sendiri dipasok oleh gardu induk. Untuk proyeksi

listrik masa depan didapat dengan menggunakan data *supply* listrik dan penggunaan listrik.

Pada setiap tarif pada sektor bisnis, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor PDRB yang mempengaruhi pertumbuhan serta penggunaan listrik tiap-tiap tarif.



Gambar 4.2 Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 4.2 merupakan gambaran secara umum pengerjaan tugas akhir ini. Pertama merupakan pengolahan data serta pembuatan model dari keseluruhan sistem. Setelah semua model telah diverifikasi serta layak dianggap sebagai model yang valid, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan skenario. Skenario yang digunakan bisa lebih dari dua, sesuai kebutuhan dan kondisi.

Setelah skenario selesai dibuat maka hasil dari skenario tersebut dapat dijadikan acuan untuk membuat kebijakan kedepannya, seperti penambahan GI (Gardu Induk), penambahan daya, serta data proyeksi skenario masa depan dapat digunakan pada tugas akhir yang lain.

4.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Berikut ini akan dipaparkan data-data yang digunakan untuk mendukung pengembangan model dari simulasi dinamis untuk perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur. Data yang dipaparkan belum seluruh data yang digunakan tetapi sudah merupakan sebagian besar data yang dapat mewakili data primer yang berupa data kelistrikan dan data sekunder yang berupa data PDRB dalam pengembangan model.

4.2.1. Pengolahan Data Evaluasi Tarif PLN Distribusi Jawa Timur (Data Demand)

Data evaluasi tarif merupakan data yang memuat hal-hal yang berkaitan dengan permintaan atau *demand* terhadap listrik PLN. Adapun informasi-informasi dalam data evaluasi tarif tersebut yang digunakan dalam perancangan model yaitu jumlah daya (VA) tersambung per jenis tarif dan jumlah energi (kWh) terjual per jenis tarif. Data yang ditulis terbagi dalam 6 tarif berbeda; B-1 TR s/d 450 VA, B-1 TR s/d 900 VA, B-1 TR 1.300 VA, B-1 TR 2.200 VA s/d 5.500 VA, B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA, dan B-3 TM > 200 kVA. Pada Tabel 4.1 dijelaskan jumlah daya tersambung (VA) kumulatif pelanggan sektor bisnis di Jawa Timur pada tahun 2016. Data total yang tercatat mulai dari Januari 2012 hingga Februari 2016 akan secara lengkap disertakan dalam lampiran.

Tabel 4.1 Evaluasi VA Tersambung Sektor Bisnis Tahun 2016

GOL. TARIF	R E A L I S A S	
	I	
	JANUARI	PEBRUARI
1	3	4
B-1 TR s/d 450 VA	72.930.150	73.358.100
B-1 TR s/d 900 VA	75.764.300	77.879.300
B-1 TR 1.300 VA	91.002.600	93.733.900
B-1 TR 2.200 VA s/d 5.500 VA	338.746.500	342.811.300
B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA	1.287.941.700	1.298.134.300
B-3 TM > 200 kVA	682.890.000	685.725.000
JUMLAH B	2.549.275.250	2.571.641.900

Sedangkan Tabel 4.2 merupakan data jumlah energi listrik (kWh) terjual kumulatif pelanggan sektor bisnis di Jawa Timur pada tahun 2016. Data total yang tercatat mulai Januari 2012 hingga Februari 2016 juga akan disertakan dalam lampiran.

Data daya tersambung serta penjualan energi listrik di Jawa Timur selain ditampilkan secara kumulatif juga dipetakan untuk tiap APJ per tarif sektor bisnis dengan total 16 APJ untuk keperluan model dengan data yang berbeda pada APJ berbeda pula.

Tabel 4.2 Evaluasi VA Tersambung Sektor Bisnis Tahun 2016

GOL. TARIF	R E A L I S A S I	
	JANUARI	PEBRUARI
1	3	4
B-1 TR s/d 450 VA I	10.709.442	10.032.710
II	0	0
B-1 TR s/d 900 VA I	9.712.826	9.137.019
II	0	0
B-1 TR 1.300 VA	9.975.016	9.391.757
B-1 TR 2.200 VA s/d 5.500 VA	33.402.907	31.134.221
B-2 TR 6.600 VA s/d 200 KVA I	155.728.872	146.172.653
II	0	0
B-3 TM > 200 kVA	114.522.175	106.811.657
JUMLAH B	334.051.238	312.680.017

Pada kasus tugas akhir ini akan diambil tiga sampel APJ berbeda untuk dipetakan dalam model dinamis. Ketiga APJ tersebut adalah APJ BJB yaitu daerah Bojonegoro dan sekitarnya yang merupakan daerah sepi dari aktivitas perekonomian perkotaan (nonmetropolis) dan pemukiman padat. APJ MJK yaitu daerah Mojokerto dan sekitarnya yang merupakan daerah perindustrian padat tetapi tidak ramai aktivitas perkotaan (nonmetropolis). APJ SBU yaitu daerah Surabaya Utara dengan aktivitas perekonomian perkotaan tinggi (metropolis) dan pemukiman padat tetapi tidak ada industri besar pada saat ini karena pemukiman yang padat penduduk.

4.2.2. Pengolahan Data Gardu Induk PLN (Data Supply)

Total gardu induk di Jawa Timur ada 98 gardu yang dibagi dalam 3 daerah persebaran gardu di Jawa Timur, yaitu bagian tengah, bagian timur, dan bagian barat. Pada bagian tengah terdapat 35 gardu induk, nama-nama gardu induk tersebut antara lain: Alta Prima, Babadan, Balong Bendo, Bangkalan, Buduran, Cerme, Darmo Grand, Driyorejo, Gilitimur, Karang Pilang, Kasih Jatim,

Kenjeran, Krembangan, Krian, Kupang, Manyar, Ngangel, Pamekasan, Perak, Petrokimia, Porong, Rungkut, Sampang, Sawahan, Segoromadu, dan Sidoarjo.

Tabel 4.3. Pasokan Energi Listrik APJ BJJ

Nama Gardu Induk	Kapasitas Daya Tampung Maksimal dalam 1 Bulan (VA)
GI Lamogan	2.160.000.000
GI Mliwang	1.440.000.000
GI Paciran	1.440.000.000
GI Tuban	2.160.000.000
GI Bojonegoro	3.360.000.000
GI Babat	1.440.000.000

Tabel 4.4. Pasokan Energi Listrik APJ MJK

Nama Gardu Induk	Kapasitas Daya Tampung Maksimal dalam 1 Bulan (VA)
GI Ngoro	4.320.000.000
GI Mojokerto	4.320.000.000
GI Kertosono	1.440.000.000
GI Mojoagung	1.440.000.000
GI Nganjuk	1.680.000.000
GI Ngimbang	1.440.000.000
GI Ploso	1.920.000.000
GI Siman	720.000.000
GI Tarik	480.000.000
GI Jaya Kertas	1.440.000.000
GI Jombang	1.440.000.000

Pada bagian timur terdapat 29 gardu induk, yaitu Bangil, Banyuwangi, Blimbing, Bondowoso, Bulu Kandang, Bumicokro, Genteng, Gondang Wetan, Grati, Jember, Karang Kates, Kebon

Agung, Kraksaan, Lawang, Lumajang, Paiton, Pakis, Pandaan, Pier, Polehan, Probolinggo, Purwosari, Selorejo, Sengguruh, Sengkaling, Situbondo, Sukorejo, Tanggul, Turen.

Pada bagian barat terdapat 34 gardu induk, nama-nama gardu induk tersebut antara lain: Babat, Banaran, Blitar, Bojonegoro, Caruban, Dolopo, Gitet Kediri, Jaya Kertas, Jombang, Lamongan, Magetan, Manisrejo, Mliwang, Mojoagung, Mojokerto, Mranggen, New Pacitan, Nganjuk, Ngawi, Ngimbang, Ngoro, Paciran, Pare, Ploso, PLTA Tulungagung, PLTU Pacitan (Sudimoro), Ponorogo, Siman, Tarik, Trenggalek, Tuban, Tulungagung, dan Wlingi. Gardu induk dijelaskan pada Tabel 4.3 untuk APJ BJJ, Tabel 4.4 untuk APJ MJK, dan Tabel 4.5 untuk APJ SBU.

Tabel 4.5. Pasokan Energi Listrik APJ SBU

Nama Gardu Induk	Kapasitas Daya Tampung Maksimal dalam 1 Bulan (VA)
GI Tandes	2.040.000.000
GI Perak	1.440.000.000
GI Krembangan	3.840.000.000
GI Alta Prima	604.800.000
GI Kenjeran	3.840.000.000
GI Kupang	2.880.000.000
GI Ngagel	518.400.000
GI Sawahan	2.640.000.000
GI Simpang	2.208.000.000
GI Ujung	1.440.000.000
GI Undaan	1.440.000.000

Pada Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 kapasitas daya tampung merupakan total maksimal pasokan listrik yang dapat didistribusikan, sedang jumlah persentase tersebut adalah seberapa persen pasokan listrik yang didistribusikan gardu induk tersebut kepada pelanggan di APJ terkait.

4.2.3. Pengolahan Data Pelanggan Daerah Metropolitan PLN

Data pelanggan daerah metropolitan PLN yang didapatkan dari PT. PLN Distribusi Jawa Timur digunakan untuk memetakan jenis-jenis bisnis terhadap tarif sektor bisnis di PLN. Di lihat dari nama-nama pelanggan yang terdaftar pada tiap tarif sektor bisnis dapat dicari jenis bisnis apa sajakah yang banyak terdaftar sebagai tarif-tarif sektor bisnis yang ada.

Sebagai contoh, diambil sampel dari data nama pelanggan daerah metropolitan di Jawa Timur seperti pada Tabel 4.6 untuk tarif B-1, Tabel 4.7 untuk tarif B-2, dan Tabel 4.8 untuk tarif B-3.

Tabel 4.6. Sampel Nama Pelanggan Tarif B-1

<i>No. Pelanggan</i>	<i>IDPEL</i>	<i>Nama Pemilik</i>
AA0159162	511010159164	DRG.ALBER DARUSMAN
AA0278721	511010278724	PT SINAR GALAXY
AA0158536	511010158537	PT SEMUT INDAH
AA0346523	511010346521	REKLAME MIDI MARLBORO

Tabel 4.7. Sampel Nama Pelanggan Tarif B-2

<i>No. Pelanggan</i>	<i>IDPEL</i>	<i>Nama Pemilik</i>
AA0351659	511010351656	PT INDOSAT
BD2928941	511422928946	PT HARYONO TRAVEL
AF0003884	511060003885	PT OPTIMA NUSANTARA

Dari data nama pelanggan sektor bisnis bisa dipetakan jenis-jenis bisnis terhadap jenis tarif sektor bisnis PLN untuk mencari

hubungan antar data sekunder berupa PDRB terhadap data kelistrikan per tarif pada model sistem dinamis nantinya.

Tabel 4.8. Sampel Nama Pelanggan Tarif B-3

<i>No. Pelanggan</i>	<i>IDPEL</i>	<i>Nama Pemilik</i>
AA0297194	511010297198	HOTEL SIMPANG
AA0356666	511010356665	PT TELKOMSEL
AA0281662	511010281663	PT BCA
AA0359642	511010359647	PT HM SAMPOERNA TBK

4.2.4. Data Statistik PDRB Jawa Timur

Data sekunder yang dilihat dari aspek perekonomian di Jawa Timur meliputi data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) untuk tiap-tiap jenis bisnis yang sudah dipetakan dalam data Berita Resmi Statistik BPS Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur. Data PDRB bisnis yang diambil atas dasar harga berlaku karena pendekatan pertumbuhan ekonomi dengan metode ekonometri paling cocok dengan data PDRB tersebut. Data yang digunakan adalah data PDRB atas dasar harga berlaku dari tahun 2012 sampai tahun 2014 pada Berita Resmi Statistik BPS Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur.

Tabel 4.9 menunjukkan nilai PDRB dari tiap-tiap jenis bisnis di Jawa Timur pada tahun 2012. Pencatatan PDRB bisnis oleh BPS dilakukan tiap triwulan mulai dari Triwulan I sampai Triwulan IV sehingga diperlukan pencocokan data dengan mengasumsikan data tiap tengah bulan pada tiap triwulan adalah data pada Tabel 4.9 agar pemetaan hubungan PDRB terhadap tarif dapat dilakukan dengan *time step* dari Januari 2012 hingga Desember 2012 pada model.

Tabel 4.10 menunjukkan nilai PDRB dari tiap-tiap jenis bisnis di Jawa Timur pada tahun 2013. Pencatatan PDRB bisnis oleh BPS dilakukan tiap triwulan mulai dari Triwulan I sampai

Triwulan IV sehingga diperlukan pencocokan data dengan mengasumsikan data tiap tengah bulan pada tiap triwulan adalah data pada Tabel 4.10 agar pemetaan hubungan PDRB terhadap tarif dapat dilakukan dengan *time step* dari Januari 2013 hingga Desember 2013 pada model.

Tabel 4.11 menunjukkan nilai PDRB dari tiap-tiap jenis bisnis di Jawa Timur pada tahun 2014. Pencatatan PDRB bisnis oleh BPS dilakukan tiap triwulan mulai dari Triwulan I sampai Triwulan IV sehingga diperlukan pencocokan data dengan mengasumsikan data tiap tengah bulan pada tiap triwulan adalah data pada Tabel 4.11 agar pemetaan hubungan PDRB terhadap tarif dapat dilakukan dengan *time step* dari Januari 2014 hingga Desember 2014 pada model.

Tabel 4.9 PDRB Bisnis Jawa Timur 2012 (dalam Juta Rupiah)

Jenis Bisnis	PDRB Tahun 2012			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Jasa Sosial Kemasyarakatan	2.116.857,20	2.530.096,79	2.530.098,69	2.573.659,48
Jasa Perorangan dan RT	8.150.102,84	8.392.025,23	9.048.729,34	10.037.573,03
Jasa Hiburan	591.804,78	736.972,03	824.089,87	914.318,68
Perdagangan	56.092.655,74	59.923.288,84	62.974.294,18	64.602.483,15
Konstruksi	10.005.629,28	11.468.368,82	11.844.477,73	12.232.605,08
Pengangkutan	7.946.229,88	8.458.706,26	8.950.446,44	9.556.145,59
Komunikasi	5.018.300,52	5.370.261,30	5.761.441,61	6.028.459,71

Jenis Bisnis	PDRB Tahun 2012			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Jasa Pemerintahan Umum	6.847.583,65	8.658.206,38	9.275.063,43	10.370.361,28
Jasa Perusahaan	2.579.909,94	2.848.187,33	2.992.411,19	3.099.251,55
Bank	2.628.167,12	2.791.726,12	2.949.381,19	3.164.219,16
Hotel	1.225.920,57	1.282.526,88	1.371.657,90	1.456.885,73
Sewa Bangunan	4.251.568,07	4.534.290,61	4.613.022,18	4.780.250,69
Restoran	13.015.263,94	13.788.854,73	14.481.602,27	14.282.680,12
Keuangan non-Bank	2.121.983,41	2.216.368,93	2.445.588,99	2.480.567,66

Tabel 4.10 PDRB Bisnis Jawa Timur 2013 (dalam Juta Rupiah)

Jenis Bisnis	PDRB Tahun 2013			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Jasa Sosial Kemasyarakatan	2.374.321,73	2.793.729,64	2.755.646,24	2.824.810,93
Jasa Perorangan dan RT	9.064.846,90	9.569.926,36	10.253.609,07	10.997.624,87
Jasa Hiburan	755.720,59	841.693,10	891.365,26	989.991,42
Perdagangan	65.080.986,41	69.463.507,93	74.352.339,10	75.957.690,76
Konstruksi	11.590.029,98	13.759.122,75	13.980.669,07	14.579.129,17

Jenis Bisnis	PDRB Tahun 2013			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Pengangkutan	9.167.314,56	9.723.288,39	10.429.321,91	10.977.243,20
Komunikasi	5.986.594,99	6.658.753,05	7.217.436,08	7.369.961,86
Jasa Pemerintahan Umum	7.554.865,10	9.309.557,05	9.830.506,45	11.066.649,89
Jasa Perusahaan	2.893.408,45	3.171.882,40	3.261.131,01	3.365.737,73
Bank	3.135.102,68	3.344.035,18	3.612.756,34	3.801.610,18
Hotel	1.408.393,73	1.494.567,82	1.625.579,15	1.654.338,69
Sewa Bangunan	4.867.066,72	5.105.736,34	5.208.259,50	5.331.015,27
Restoran	15.228.829,80	16.095.890,30	16.803.440,45	16.939.085,13
Keuangan non-Bank	2.471.031,62	2.628.790,00	2.821.725,41	2.877.188,37

Tabel 4.11 PDRB Bisnis Jawa Timur 2014 (dalam Juta Rupiah)

Jenis Bisnis	PDRB Tahun 2014			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Jasa Sosial Kemasyarakatan	2.907.985,32	3.146.141,27	3.316.968,33	3.280.992,37
Jasa Perorangan dan RT	11.047.016,82	11.642.046,85	11.648.870,20	12.670.679,25
Jasa Hiburan	993.797,60	1.034.351,90	1.101.486,56	1.141.698,59

Jenis Bisnis	PDRB Tahun 2014			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Perdagangan	74.707.724,11	79.687.101,11	84.654.781,66	86.554.516,67
Konstruksi	13.501.961,12	15.628.434,06	16.396.542,66	17.118.286,65
Pengangkutan	10.751.717,20	11.292.552,79	11.884.637,41	12.456.283,77
Komunikasi	6.982.330,34	7.912.817,82	8.724.592,26	8.743.786,36
Jasa Pemerintahan Umum	8.435.113,07	9.438.399,76	10.670.605,99	11.943.763,94
Jasa Perusahaan	3.203.350,80	3.461.242,24	3.622.446,29	3.929.007,26
Bank	3.874.822,34	4.045.003,17	4.138.837,58	4.396.472,86
Hotel	1.660.559,06	1.754.280,67	1.854.867,17	1.883.697,42
Sewa Bangunan	5.427.645,46	5.719.563,29	5.927.034,36	6.185.956,82
Restoran	17.255.319,24	18.974.444,70	19.287.321,51	19.567.029,24
Keuangan non-Bank	2.871.793,35	3.046.226,70	3.180.118,68	3.290.959,41

Pada Tabel 4.12 dapat dipetakan hubungan antara jenis tarif dengan jenis PDRB yang bersangkutan. Hubungan ini berdasarkan asumsi terkait data pelanggan yang sesuai, dikaitkan dengan data PDRB yang ada.

Dari daftar data nama pelanggan bisnis bisa dipetakan jenis-jenis PDRB bisnis terhadap jenis tarif sektor bisnis untuk mencari hubungan antar data sekunder berupa PDRB terhadap data kelistrikan per tarif pada model sistem dinamis nantinya.

Tabel 4.12 Pemetaan Jenis Bisnis Terhadap Tarif

Tarif	Jenis PDRB Bisnis	Contoh
B1	Jasa Sosial Kemasyarakatan	RS Sihombing, SD Wahid Hasim
	Jasa Perorangan dan RT	Tjia Khong, Sri Suryati
	Jasa Hiburan	Pengampon Square
	Perdagangan	PT Semut Indah, PT Sasana Boga
B2	Konstruksi	PT Optima Nusantara
	Pengangkutan	PT TRAVELLODGE BINTANG
	Komunikasi	PT INDOSAT
B3	Jasa Pemerintahan Umum	PT PELNI
	Jasa Perusahaan	PT Indosat
	Bank	Bank BCA
	Hotel	Grand Satelite Hotel
	Sewa Bangunan	Balai Yasa PJKA
	Restoran	Hotel Simpang
	Kuangan non-Bank	Dana PENS Kompas Gramedia

4.3. Pemahaman Sistem

Subbab ini membahas tentang pemahaman sistem kelistrikan yang saling mempengaruhi dalam model. Selain itu juga hubungan antar data dari variabel sekunder ke variabel primer, yaitu variabel kelistrikan pada data PLN.

Pertama, variabel daya tersambung dengan satuan VA merupakan daya maksimal yang bisa dipakai pelanggan pada satu waktu tertentu, jika daya yang digunakan melebihi daya terpasang maka sekering listrik akan *off* dan listrik mati karena melebihi tegangan maksimal. Rumus daya terpasang sendiri dijelaskan dalam Persamaan 4.1.

$$P = V \times I \quad (4.1)$$

Pada Persamaan 4.1, P merupakan daya terpasang pelanggan, yaitu daya maksimal yang dapat digunakan pelanggan tersebut. V adalah tegangan listrik maksimal yang dapat semua peralatan listrik atau elektronik pelanggan dalam satu waktu. I adalah arus listrik maksimal yang mengalir di kabel listrik pelanggan saat peralatan elektronik digunakan.

Variabel kedua adalah variabel energi listrik. Energi listrik adalah daya listrik aktif yang dipakai dengan lama suatu waktu tertentu. Misal penggunaan daya sebanyak 300 *watt* dalam waktu 1 jam. Daya aktif dijelaskan dalam Persamaan 4.2, sedangkan energi listrik dijelaskan dalam Persamaan 4.3.

$$P_a = V \times I \times \cos \varphi \quad (4.2)$$

$$W = P_a \times \Delta t \quad (4.3)$$

P_a pada Persamaan 4.2 dan 4.3 adalah daya aktif, yaitu secara nyata benar-benar digunakan oleh beban kebutuhan listrik dari peralatan elektronik pelanggan. Satuan dari daya aktif adalah *watt*. V dan I pada Persamaan 4.2 dan 4.3 sama dengan persamaan 4.1. Sedangkan $\cos \varphi$ adalah faktor daya atau sudut fasa dari penggunaan listrik. Nilai $\cos \varphi$ pada daya aktif PLN normalnya adalah 0,8. Sehingga untuk mengubah dari daya tersambung menjadi daya aktif yang digunakan nilainya harus dikalikan dengan nilai $\cos \varphi$ normal 0,8.

Terakhir adalah variabel sekunder yang merupakan PDRB yang mempunyai satuan rupiah. Secara tidak langsung PDRB mempengaruhi penggunaan energi listrik sehingga kebutuhan energi listrik naik seiring dengan pertumbuhan PDRB. Satuan PDRB adalah rupiah sehingga tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan variabel energi listrik. Hubungan tidak langsung pada model didapatkan dari pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan energi listrik tiap tarif bisnis PLN di Jawa Timur. Hal tersebut dikarenakan satuan pertumbuhan baik listrik maupun PDRB dalam bentuk persen sehingga secara satuan

hubungan kedua variabel tersebut benar. Hubungan antar variabel benar jika satuan variabel-variabel dalam model tersebut dapat dikonversikan dengan benar pula.

4.4. Identifikasi Variabel Signifikan

Pengembangan model untuk perencanaan *supply* dan *demand* energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur pada tugas akhir ini berfokus pada peramalan jumlah kebutuhan energi listrik di masa depan sehingga dapat diketahui seberapa besar dan kapan juga *supply* energi listrik yang dibutuhkan di masa depan ketika sumber daya yang ada saat ini tidak bisa memenuhi kebutuhan energi listrik pelanggan.

Penelitian dalam tugas akhir ini mencoba untuk memahami sudut pandang dari pemasok listrik agar dapat merencanakan ekspansi sumber daya. Dalam hal ini, merupakan tugas gardu induk untuk mengatasi kebutuhan energi listrik yang semakin tumbuh di sisi pelanggan. Perencanaan yang matang dapat dilakukan jika kita mengetahui pertumbuhan kebutuhan energi listrik kedepannya.

Model dapat dibagi menjadi dua bagian secara garis besar, yaitu model *supply* pada seluruh sektor, termasuk sektor bisnis di Jawa Timur dan juga model *demand* energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur.

Tabel 4.13 menunjukkan variabel-variabel signifikan yang berpengaruh pada *supply* listrik dari sektor bisnis di Jawa Timur. Distribusi daya gardu induk dipengaruhi oleh daya maksimal distribusi yang didapat dari data olahan yang diolah setelah menghitung data mentah gardu induk PLN Distribusi dan P3B Jawa Timur. Data jumlah daya maksimal terdistribusi didapatkan setelah menjumlahkan seluruh daya yang dapat didistribusikan oleh penyulang-penyulang yang terdapat pada gardu induk pada data gardu induk di Jawa Timur. Penyulang adalah jaringan listrik PLN yang terdapat pada gardu induk dengan tegangan kecil sekitar 20 kV yang berfungsi secara langsung menyalurkan *supply* energi listrik ke jaringan listrik pelanggan dari gardu induk. Dikarenakan jumlah penyulang yang sangat banyak sehingga tidak perlu

dimasukkan ke model. Pada model *supply* total Jawa Timur dicari total distribusi dari semua APJ sehingga tidak diperlukan pemetaan gardu induk mendistribusikan *supply* energi listrik ke APJ mana saja.

Tabel 4.13 Variabel Signifikan *Supply* Bisnis

Variabel Signifikan	Parameter
Distribusi daya gardu induk ke APJ	Jumlah daya maksimal terdistribusi ke APJ
	Daya maksimal distribusi
Total daya tampung gardu induk	Distribusi daya gardu induk ke APJ 1
	Distribusi daya gardu induk ke APJ 2
	Distribusi daya gardu induk ke APJ X
Supply APJ	Distribusi daya gardu induk 1 ke APJ
	Distribusi daya gardu induk 2 ke APJ
	Distribusi daya gardu induk X ke APJ

Tabel 4.14 memaparkan variabel-variabel signifikan pada *demand* listrik sektor bisnis di Jawa Timur. Naik turunnya pertumbuhan PDRB atau *Growth Domestic Product* (GDP) sektor bisnis di Jawa Timur menjadikan pendekatan fungsi untuk mencari grafik nilai pertumbuhan PDRB adalah grafik sinus. Hal tersebut mengakibatkan faktor yang mempengaruhi grafik sinus tersebut adalah variabel waktu dan menggunakan data pertumbuhan dari masa lalu untuk meramal fungsi grafik sinus yang mendekati nilai dari data-data di masa lalu.

Pertumbuhan *demand* per tarif sektor bisnis dapat dicari dengan menghubungkan pertumbuhan data-data PDRB masing-masing bisnis terkait yang telah diramal sebelumnya dengan pendekatan fungsi grafik sinus. Pertumbuhan *demand* per tarif

sektor bisnis dicari dengan metode ekonometri, menggunakan pendekatan regresi yang memperhatikan aspek ekonomi yaitu PDRB bisnis itu sendiri, aspek statistik berupa penyajian data di masa lalu pada tabel untuk mencari pendekatan fungsi yang sesuai, dan aspek matematika dengan pendekatan regresi untuk mencari persamaan dari pertumbuhan *demand* sektor bisnis. Metode ekonometri digunakan setelah dilakukan pemetaan PDRB jenis-jenis bisnis terhadap tarif sektor bisnis.

Tabel 4.14 Variabel Signifikan *Demand* Bisnis

Variabel Signifikan	Parameter
Pertumbuhan PDRB jenis Bisnis	Waktu
	Data Masa Lalu
Pertumbuhan <i>Demand</i> per Tarif	Pertumbuhan PDRB jenis bisnis
	Persamaan Ekonometri
Total <i>Demand</i> Bisnis	<i>Demand</i> Tarif B-1
	<i>Demand</i> Tarif B-2
	<i>Demand</i> Tarif B-3
Total <i>Demand</i> APJ Seluruh Sektor	Total <i>Demand</i> Industri
	Total <i>Demand</i> Rumah Tangga
	Total <i>Demand</i> Bisnis
	Total <i>Demand</i> Sosial dan Publik

Total *demand* bisnis didapatkan dengan menjumlahkan *demand* seluruh tarif di Jawa Timur mulai dari B-1, B-2 dan B-3. Sedangkan total *demand* seluruh sektor baik dalam APJ atau seluruh Jawa Timur didapatkan dari penjumlahan *demand* keempat sektor, yaitu industri, rumah tangga, bisnis, dan sosial publik.

Variabel-variabel yang didapatkan dari perhitungan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik di masa depan dan perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik dijelaskan dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Variabel Signifikan Peramalan

Variabel Signifikan	Parameter
Pertumbuhan PDRB jenis bisnis	Daya tersambung tarif B-1
	Daya tersambung tarif B-2
	Daya tersambung tarif B-3
Utilisasi Penggunaan Listrik	Daya tersambung bisnis
	<i>Demand</i> sektor bisnis
Kekurangan Daya Listrik (dalam %)	<i>Supply</i> total
	<i>Demand</i> total
Ekspansi Daya Listrik	Kekurangan Daya Listrik
	<i>Supply</i> total

Pada Tabel 4.15 Utilisasi Penggunaan Listrik didapatkan dengan membandingkan penggunaan energi listrik dalam memenuhi kebutuhan pelanggan terhadap daya tersambung yang merupakan penggunaan maksimal yang dapat dipakai oleh pelanggan. Jika Utilisasi Penggunaan Listrik diketahui maka rata-rata jam nyala total pelanggan dalam penggunaan energi listrik dapat diketahui juga. Kekurangan daya listrik juga dapat diketahui ketika *demand* energi listrik yang terus naik tumbuh melebihi *supply* energi listrik sedangkan nilai maksimal dari *supply* energi listrik tetap dengan *resource* sekarang yang ada. Sehingga nilai berapa total VA yang dibutuhkan dalam ekspansi daya listrik dapat diketahui jumlahnya dengan melihat kekurangan daya listrik terhadap *supply* total di Jawa Timur yang ada sekarang ini. Hal tersebut bertujuan untuk perencanaan ekspansi yang baik. Ekspansi hanya dilakukan ketika terjadi kekurangan daya listrik di masa depan atau pada *scenario model*.

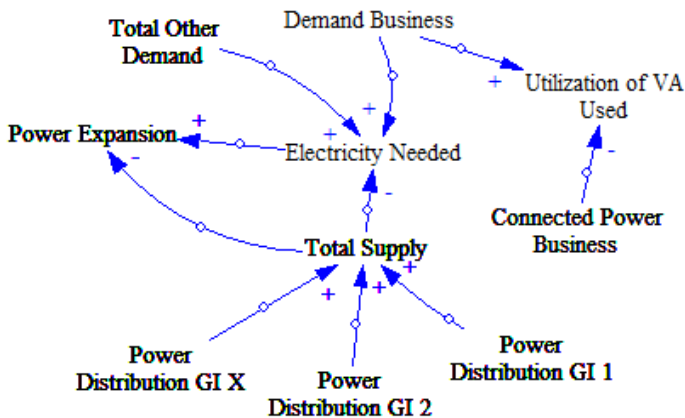
4.5. Pemodelan *Causal Loop Diagram* (CLD)

Subbab ini membahas mengenai implementasi *Causal Loop Diagram* atau CLD yang merupakan kerangka pikir awal dari

pemodelan dinamis *supply* dan *demand* energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur. Pada tugas akhir ini, terdapat model CLD sistem umum yang menggambarkan garis besar perputaran sistem. Lalu terdapat dua model besar CLD yang mendukung pengembangan model, yaitu model CLD *supply* energi listrik dan model CLD *demand* untuk sektor bisnis.

4.5.1. Causal Loop Diagram Sistem Umum

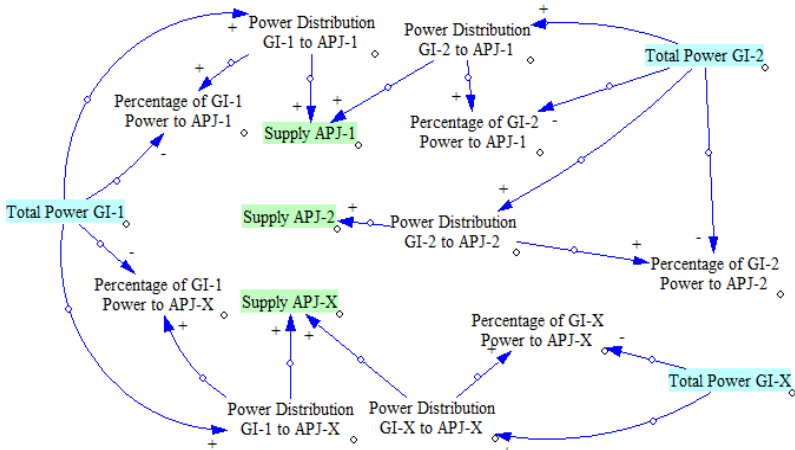
Sebuah *reinforce loop* pada sistem secara umum terjadi saat pada model perencanaan pasokan atau *supply* dan kebutuhan atau *demand* dari energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur terjadi kekurangan pasokan energi listrik akibat kebutuhan yang terus naik. Pasokan energi listrik yang berasal dari gardu-gardu induk yang mendistribusikan listrik ke pelanggan suatu saat dengan *resource* yang ada tidak mencukupi lagi sehingga diperlukan ekspansi akibat dari kekurangan pasokan energi listrik. Di sisi pelanggan, kebutuhan akan energi listrik terus tumbuh. Pertumbuhan itu sendiri sebenarnya dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pertumbuhan perekonomian. Secara umum sistem perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik dijelaskan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 CLD Sistem Umum

4.5.2. Causal Loop Diagram Supply Energi Listrik

Gambar 4.4 menggambarkan bagaimana gardu-gardu induk di Jawa Timur mengirimkan pasokan listrik pada beberapa APJ dalam model dinamis.



Gambar 4.4 CLD Supply Listrik

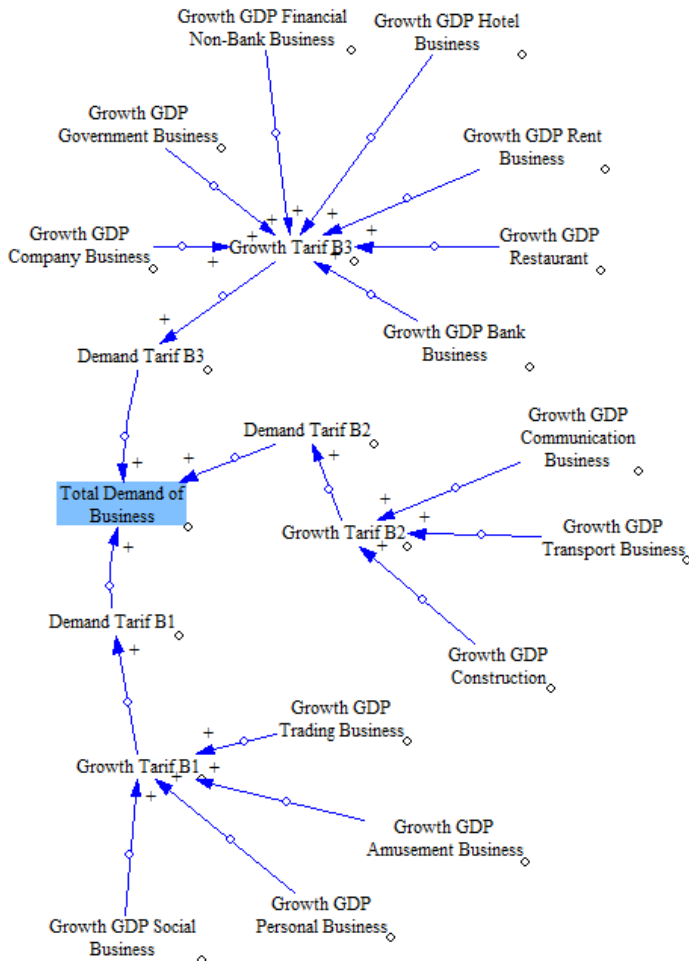
Satu gardu induk bisa saja mendistribusikan energi listrik kepada lebih dari satu APJ seperti pada variabel GI-1. Sebaliknya, satu APJ tentu menerima distribusi energi listrik dari lebih dari satu gardu induk.

4.5.3. Causal Loop Diagram Demand Energi Listrik

Gambar 4.5 menunjukkan pemetaan jenis-jenis bisnis terhadap tarif listrik sektor bisnis. Diagram *causal-loop* ini didapatkan setelah memetakan data sampel data pelanggan pada tiap tarif.

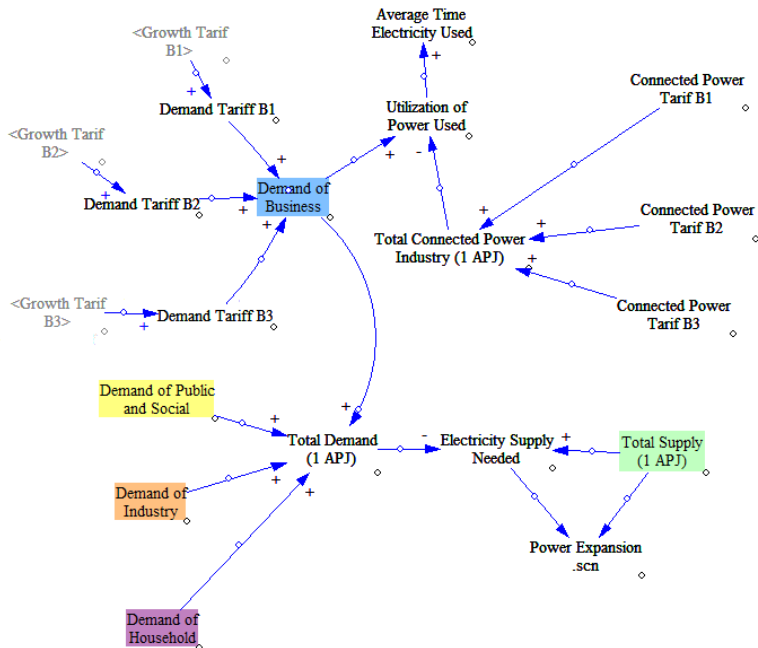
Pada Gambar 4.6, ditunjukkan bagaimana *demand* atau kebutuhan energi listrik pelanggan didapatkan. Total *demand* merupakan jumlah dari *demand* seluruh sektor, lalu dari total *demand* dapat dicari kekurangan *supply* listrik ketika *supply* pada saat sekarang ini sudah tidak bisa memenuhi *demand* listrik yang

terus tumbuh. *Connected power* adalah daya tersambung pelanggan, daya tersambung pelanggan dibandingkan dengan *demand* untuk mencari utilisasi penggunaan listrik dari pelanggan dengan skala 0-100% dan dari utilisasi tersebut bisa dicari rata-rata jumlah jam penggunaan listriknya.



Gambar 4.5 CLD GDP terhadap Sektor Bisnis

Secara keseluruhan hubungan *loop* antara *demand* dan *supply* energi listrik terjadi dengan adanya ekspansi untuk penambahan *supply* daya listrik untuk memenuhi *demand* yang terus naik.



Gambar 4.6 CLD Demand Listrik

4.6. Pemodelan *Stock and Flow Diagram* (SFD)

Pemodelan dan simulasi sistem dinamis perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur dibuat menggunakan *platform Ventana Simulation (Vensim) PLE*.

Simulasi dilakukan dengan *time step* per bulan dari Januari 2012 sampai Agustus 2016 atau dalam waktu 50 bulan. Spesifikasi *time bounds* untuk model dinamis yang akan dikembangkan dijelaskan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Time Bounds pada Model

Variabel	Nilai	Keterangan
<i>Initial time</i>	1	Waktu awal simulasi adalah Januari 2012
<i>Final time</i>	50	Waktu akhir simulasi adalah Agustus 2016
<i>Time step</i>	1	Penghitungan simulasi dilakukan tiap satuan unit waktu
<i>Unit</i>	<i>Month</i>	Tiap satuan waktu memiliki satuan bulan

Fungsi yang sering digunakan dalam pembuatan model ini antara lain:

- ***IF THEN ELSE***

Fungsi ini digunakan untuk mengatur rate yang masuk agar hasil model hampir sama dengan hasil dari data asli, agar *error* yang ada tidak melebihi syarat yang ditentukan bahwa model tersebut valid. Aturan penulisannya adalah *IF THEN ELSE* (*syarat kondisi, kondisi benar, kondisi salah*).

- ***MODULO***

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan sisa bagi suatu variabel, digunakan untuk perulangan fungsi agar fungsi yang diimplementasikan tidak semakin mendekati *error* yang tinggi. Aturan penulisannya adalah *MODULO*(*variabel, pembagi*).

Pemodelan dilakukan pada tinggal sampel APJ yaitu BJB, MJK, dan SBU seperti yang telah dijelaskan sebelumnya serta dilakukan pada data kumulatif seluruh Jawa Timur untuk sektor bisnis.

4.6.1. Model SFD Supply Jawa Timur

Model *supply* menjelaskan nilai total dari pasokan dari suatu APJ yang didapatkan dari seluruh distribusi dari gardu-gardu induk yang memasok APJ tersebut.

Variabel *supply* di dalam model direpresentasikan sebagai auxiliary *supply APJ* yang dipengaruhi oleh distribusi gardu induk terhadap APJ terkait yang direpresentasikan sebagai auxiliary *power distribution GI to APJ*. Nilai dari total kapasitas daya maksimal gardu induk merupakan jumlah dari total seluruh distribusi daya ke seluruh APJ yang gardu induk (GI) tersebut distribusikan.

$$Supply = \sum_{i=1}^n GI_i \quad (4.4)$$

Persamaan 4.4 menjelaskan pencarian total *supply* dengan mencari jumlah seluruh distribusi gardu-gardu induk yang disimbolkan dengan *GI* pada (4.4.1) sejumlah *n* gardu yang mendistribusikan pada APJ tersebut.

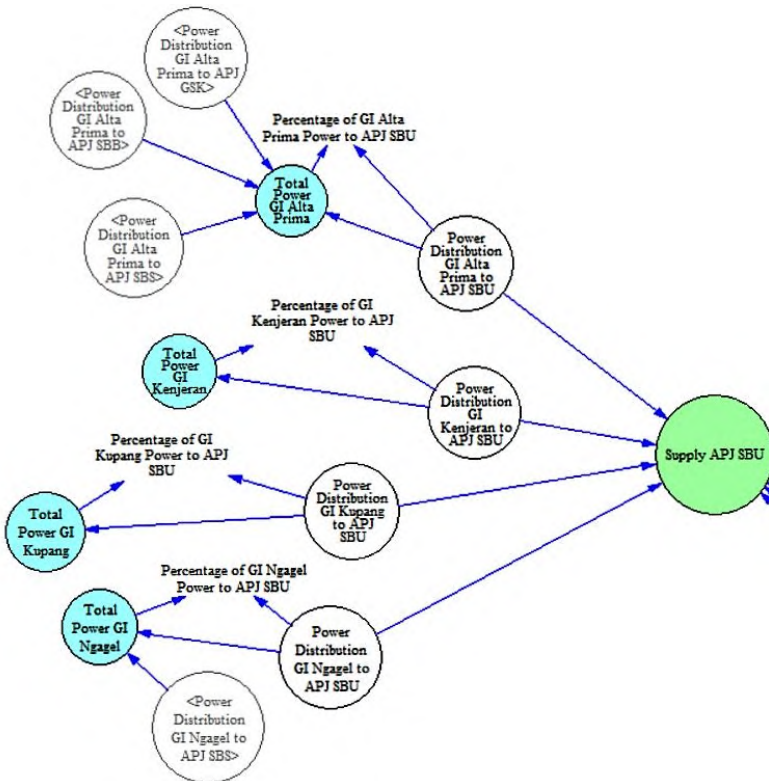
$$PowerGI = \sum_{i=1}^n GI_{toAPJ_i} \quad (4.5)$$

Persamaan 4.5 bagaimana ekuasi untuk total kapasitas gardu induk yang direpresentasikan sebagai *Power GI* adalah total jumlah seluruh distribusi gardu induk tersebut ke seluruh APJ yang dipasok sejumlah *n* APJ oleh gardu induk tersebut yang direpresentasikan sebagai *GI to APJ* dalam Persamaan 4.4.

4.6.1.1. SFD *Supply* Area Pelayanan Jaringan (APJ)

Variabel *Supply APJ* ditandai dengan warna hijau muda, sedangkan variabel gardu induk ditandai dengan warna biru muda agar memudahkan untuk membedakan antar variabel dalam model.

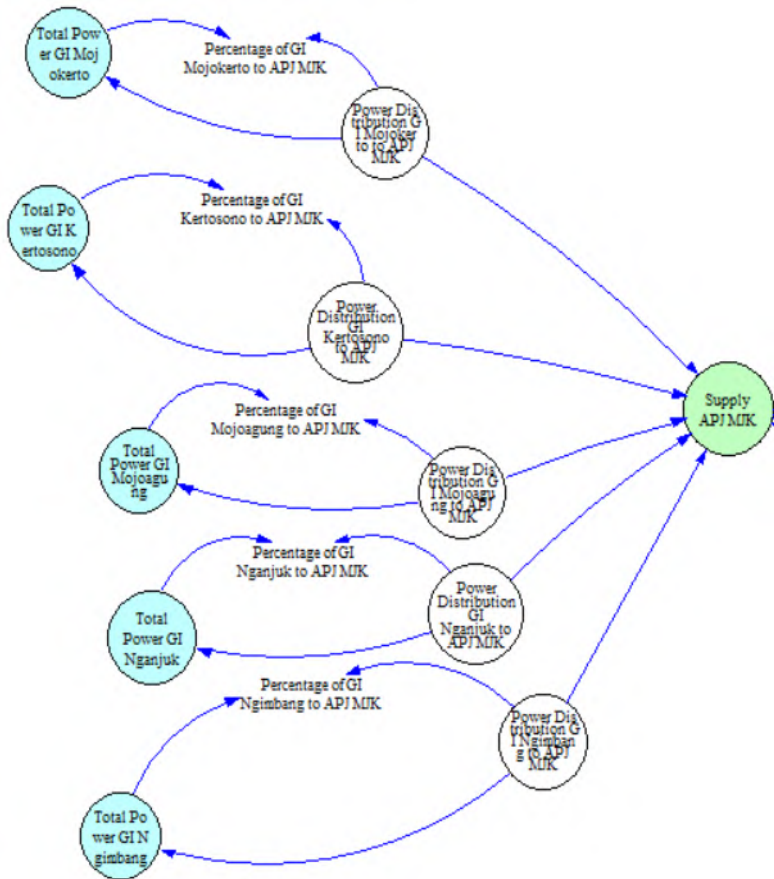
Gambar 4.7 merupakan SFD dari *supply* APJ SBU. Gambar SFD ini merupakan contoh beberapa gardu induk yang memasok APJ SBU. Ada empat gardu induk yang memasok APJ lain selain APJ SBU, yaitu Gardu Induk Alta Prima yang juga memasok APJ SBS, APJ SBB, dan APJ GSK selain APJ SBU serta Gardu Induk Ngagel, Tandes, dan Simpang yang juga memasok untuk APJ SBS.



Gambar 4.7 Supply APJ SBU

Gambar 4.8 merupakan SFD dari *supply* APJ MJK. Gambar SFD ini merupakan contoh beberapa gardu induk yang memasok APJ MJK. Seluruh gardu induk yang memasok listrik APJ MJK tidak memasok APJ MJK kecuali gardu induk Tarik yang juga memasok APJ SDA atau daerah Sidoarjo.

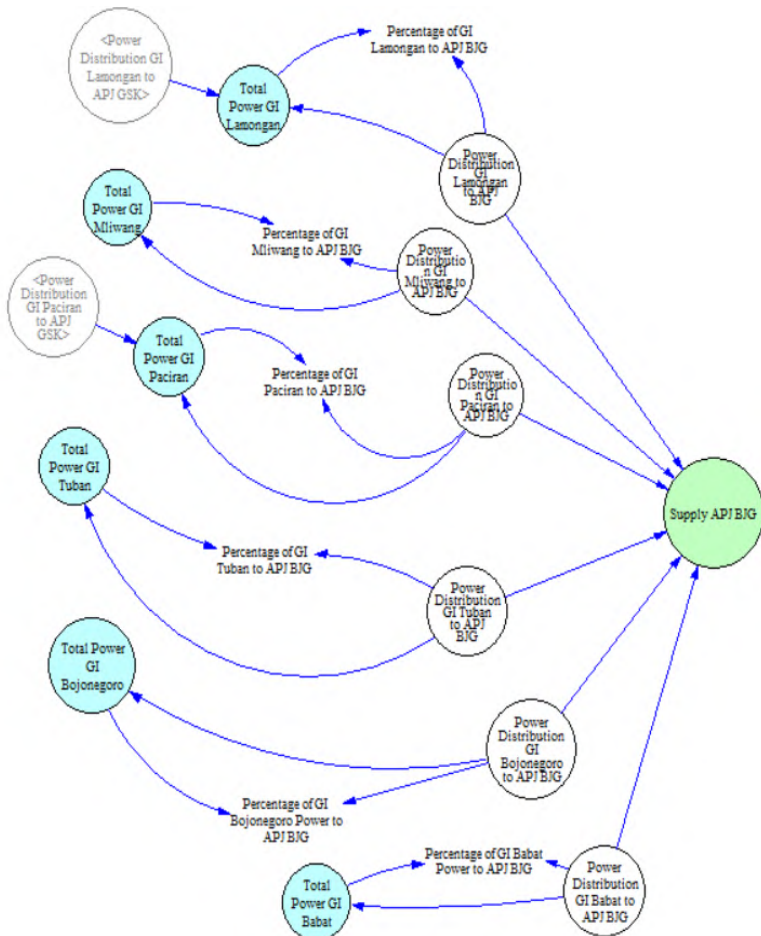
Gambar 4.9 merupakan SFD dari *supply* APJ BJK. APJ dipasok oleh enam gardu induk. Terdapat dua gardu induk yang juga memasok APJ lain yaitu APJ GSK, dua gardu induk tersebut adalah gardu induk Mliwang dan gardu induk Lamongan.



Gambar 4.8 Supply APJ MJK

Tabel 4.17 menunjukkan isi dari *auxiliary* dari total daya maksimal gardu induk pada APJ maupun total di Jawa Timur. Ekuasi pada Tabel 4.17 didapatkan dengan menerapkan Persamaan 4.5. Tabel 4.18 menunjukkan isi dari *auxiliary* dari persentase daya GI ke suatu APJ. Persentase nya didapat dari *power* distribusi GI dibagi dengan total *power* gardu induk tersebut.

Tabel 4.19 menunjukkan isi dari *auxiliary* dari *supply* suatu APJ maupun total di Jawa Timur. Ekuasi pada Tabel 4.10 didapatkan dengan menerapkan Persamaan 4.4.



Gambar 4.9 Supply APJ BJJ

Tabel 4.17 Auxiliary Total Power GI

Nama	Total Power GI X	Satuan	VA
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Power Distribution GI X to APJ X</i> • <i>Power Distribution GI Y to APJ X</i>
Ekuasi			
<i>Power Distribution GI X to APJ X + Power Distribution GI Y to APJ X + ... + Power Distribution GI n to APJ X</i>			

Tabel 4.18 Auxiliary Percentage of GI X Power to APJ X

Nama	Percentage of GI X Power to APJ X	Satuan	Dmnl
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Power Distribution GI X to APJ X</i> • <i>Total Power GI X</i>
Ekuasi			
<i>Power Distribution GI X to APJ X/Total Power GI X</i>			

4.6.1.1. SFD Supply Total Jawa Timur

Gambar 4.10 merupakan diagram *stock and flow* dari *supply* seluruh Jawa Timur. *Supply* dari Jawa Timur merupakan akumulasi total dari seluruh *supply* dari semua 16 APJ yang terdapat di Jawa Timur.

Tabel 4.19 menunjukkan isi dari *auxiliary supply* baik pada APJ maupun total di Jawa Timur. Ekuasi pada Tabel 4.19 didapatkan dengan menerapkan Persamaan 4.4.

4.6.2. Model SFD PDRB Bisnis

Model PDRB bisnis menjelaskan model PDRB dan pertumbuhannya mempengaruhi *demand* bisnis di Jawa Timur.

Sebelum membuat SFD dari PDRB bisnis, sebelumnya harus dicari persamaan grafik dari pertumbuhan PDRB.

Tabel 4.19 Auxiliary Power Distribution GI X to APJ X

Nama	Supply APJ X	Satuan	VA
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Power Distribution GI X to APJ X ,</i> • <i>Power Distribution GI Y to APJ X</i> • <i>Power Distribution GI Z to APJ X</i>
Ekuasi			
<i>Power Distribution GI X to APJ X + Power Distribution GI Y to APJ X + Power Distribution GI Z to APJ X + +Power Distribution GI n to APJ X</i>			

Setelah persentasenya di list, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan data tersebut ke Matlab. Kemudian kita memakai '*sin3*', dikarenakan jumlah data yang terbatas.

Fungsi *fBank* merupakan contoh jenis bisnis yang dipakai. Nantinya akan diganti sesuai dengan jenis yang lain. Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa pendekatan persamaan yang mendekati naik turunnya grafik PDRB adalah grafik sinus. Matlab R2014b digunakan untuk mencari pendekatan grafik sinus terhadap waktu yang sesuai dan grafik yang sesuai untuk ekuasi pertumbuhan PDRB bisnis. Kode sumber 4.1 dan 4.2 akan menghasilkan ekuasi sinus yang direpresentasikan dengan Persamaan 4.6.

$$a_1 \times \sin(b_1 + c_1) + a_2 \times \sin(b_2 + c_2) + a_3 \times \sin(b_3 + c_3) \quad (4.6)$$

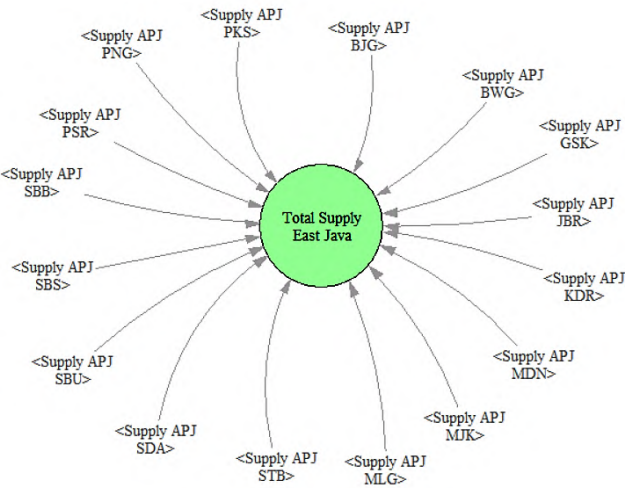
Pedekatan grafik seperti grafik sinus pada Persamaan 4.6 disebut *curve fitting*, yaitu mencari fungsi grafik yang medekati nilai dari data-data di masa lalu. Gambar 4.11 menunjukkan contoh *curve fitting* pada PDRB social dan publik.

1	Load enso;
2	fBank = fit (Month, GrowthBank, 'Sin3');

Kode Sumber 4.1 Membuat Fungsi Sinus pada Matlab

1	Plot = (fBank,Month,GrowthBank);
---	----------------------------------

Kode Sumber 4.2 Untuk Menampilkan *Curve Fitting* dari Data



Gambar 4.10 Supply Seluruh Jawa Timur

Pada Tabel 4.20 ditunjukkan *Auxiliary* seluruh *supply* Jawa Timur (Jatim) yang merupakan ekuasi dari variabel *Total Supply East Java*. Pada Tabel 4.21 ditunjukkan persentase kenaikan PDRB per-triwulan. Tabel yang disertakan dibawah merupakan contoh PDRB dari tarif bisnis B-1. Karena data PDRB yang ada merupakan data per triwulan sehingga fungsi yang nanti akan

dicari menggunakan data yang saat ini ada. Data PDRB yang ada merupakan data dari tahun 2012 sampai tahun 2014 saja.

Tabel 4.20 Auxiliary Supply Jatim

Nama	<i>Supply</i> Jatim	Satuan	VA
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Supply</i> APJ MDN • <i>Supply</i> APJ BJB • <i>Supply</i> APJ SDA • <i>Supply</i> APJ GSK • <i>Supply</i> APJ PKS • <i>Supply</i> APJ MLG • <i>Supply</i> APJ PSR • <i>Supply</i> APJ JBR • <i>Supply</i> APJ STB • <i>Supply</i> APJ BWG • <i>Supply</i> APJ SBB • <i>Supply</i> APJ SBS • <i>Supply</i> APJ SBU • <i>Supply</i> APJ PNG • <i>Supply</i> APJ KDR • <i>Supply</i> APJ MJK
Ekuasi			
<i>Supply</i> APJ MDN+ <i>Supply</i> APJ BJB+ <i>Supply</i> APJ SDA+ <i>Supply</i> APJ GSK+ <i>Supply</i> APJ PKS+ <i>Supply</i> APJ MLG+ <i>Supply</i> APJ PSR+ <i>Supply</i> APJ JBR+ <i>Supply</i> APJ STB+ <i>Supply</i> APJ BWG+ <i>Supply</i> APJ SBB+ <i>Supply</i> APJ SBS+ <i>Supply</i> APJ SBU+ <i>Supply</i> APJ PNG+ <i>Supply</i> APJ KDR+ <i>Supply</i> APJ MJK			

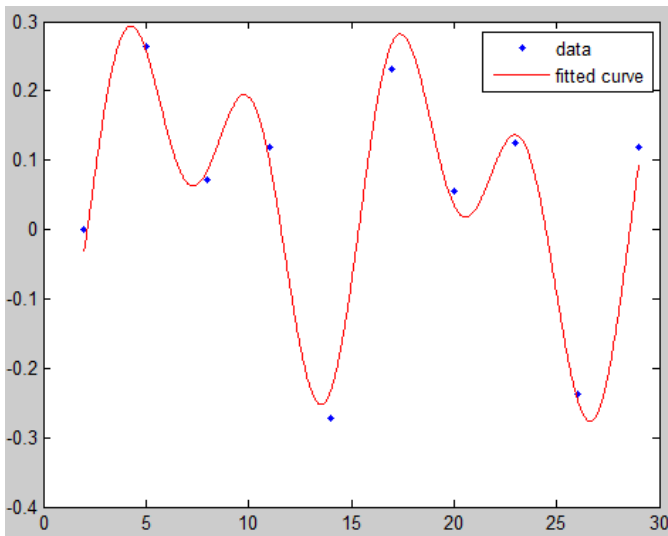
Pertumbuhan PDRB atau *Growth Domestic Product* (GDP) didapatkan dengan menggunakan pendekatan penjumlahan tiga grafik sinus seperti pada Persamaan 4.6, dengan nilai a, b, dan c merupakan koefisien yang didapatkan dengan akurasi lebih dari 95%.

Pada subbab CLD telah dijelaskan bagaimana pemetaan jenis-jenis bisnis terhadap tarif bisnis di PLN. Terdapat 14 jenis bisnis berbeda sehingga terdapat pula 14 ekuasi pada tiap jenis

bisnis berbeda seperti pada Persamaan 4.6 dengan koefisien yang berbeda pula.

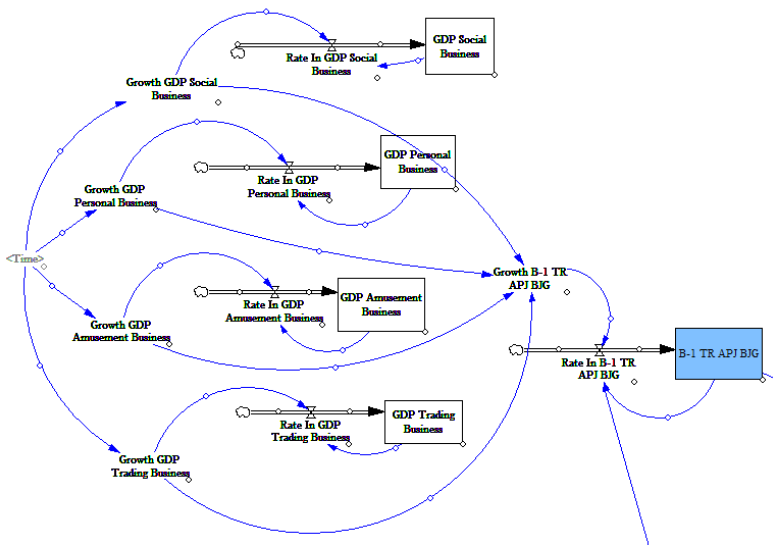
Tabel 4.21 Persentase Kenaikan PDRB per Triwulan

Waktu	Jasa Sosial	Jasa Perorangan	Jasa Hiburan	Perdagangan
Februari 2012	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Mei 2012	19,52%	2,97%	24,53%	6,83%
Agustus 2012	0,00%	7,83%	11,82%	5,09%
November 2012	1,72%	10,93%	10,95%	2,59%
Februari 2013	-7,75%	-9,69%	-17,35%	0,74%
Mei 2013	17,66%	5,57%	11,38%	6,73%
Agustus 2013	-1,36%	7,14%	5,90%	7,04%
November 2013	2,51%	7,26%	11,06%	2,16%
Februari 2014	2,94%	0,45%	0,38%	-1,65%
Mei 2014	8,19%	5,39%	4,08%	6,67%
Agustus 2014	5,43%	0,06%	6,49%	6,23%
November 2014	-1,08%	8,77%	3,65%	2,24%



Gambar 4.11 Curve Fitting PDRB Bisnis

4.6.2.1. Model SFD PDRB Tarif B-1



Gambar 4.12 SFD PDRB Terhadap Tarif B-1

Gambar 4.12 merupakan contoh SFD dari PDRB bisnis terhadap pertumbuhan tarif B-1 APJ BKG. Pertumbuhan tarif B-1 dipengaruhi oleh empat jenis bisnis, yaitu bisnis sosial, perseorangan, hiburan dan perdagangan. GDP merupakan bahasa Inggris dari PDRB. Level empat PDRB pada gambar merupakan akumulasi dari pertumbuhan tiap PDRB yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.12. *Rate in* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari PDRB tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth*.

Tabel 4.22 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *social* pada model, Tabel 4.23 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *personal* pada model, Tabel 4.24 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *amusement* pada model dan Tabel 4.25 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *trading* pada model, seperti pada Persamaan 4.6. Keempat variabel PDRB tersebut mempengaruhi variabel tarif B-1 pada model.

Tabel 4.22 Pertumbuhan PDRB Bisnis Sosial

Nama	<i>GDP Social Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$2.215 \times \sin(0.04931x + 2.022) + 0.0581 \times \sin(0.5035x - 0.8324) + 1.794 \times \sin(0.06305x + 4.874)$			

Tabel 4.23 Pertumbuhan PDRB Bisnis Perseorangan

Nama	<i>GDP Personal Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.09391 \times \sin(0.003284x + 0.3997) + 0.04863 \times \sin(0.6895x + 0.8796) + 0.04962 \times \sin(0.4386x + 4.655)$			

Tabel 4.24 Pertumbuhan PDRB Bisnis Hiburan

Nama	<i>GDP Amusement Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.6546 \times \sin(0.05188x + 1.963) + 0.07403 \times \sin(0.459x + 1.524) + 0.3569 \times \sin(0.1158x + 3.822)$			

Tabel 4.25 Pertumbuhan PDRB Bisnis Perdagangan

Nama	<i>GDP Trading Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$2.215 \times \sin(0.04931x + 2.022) + 0.0581 \times \sin(0.5035x - 0.09275 \times \sin(0.06454x + 0.3737) + 0.03864 \times \sin(0.5235x + 4.193) + 0.05355 \times \sin(0.05355x + 3.216)$			

Keempat variabel PDRB itu nanti akan dipakai dalam metode ekonometri untuk mencari keterkaitannya dengan variabel tarif B-1 pada model. Pendekatan yang dipakai dalam metode ekonometri adalah regresi berganda, yaitu regresi yang melibatkan lebih dari satu variabel yang mempengaruhi suatu variabel. Dalam kasus tugas akhir ini, empat variabel PDRB diatas mempengaruhi variabel tarif B-1 pada model.

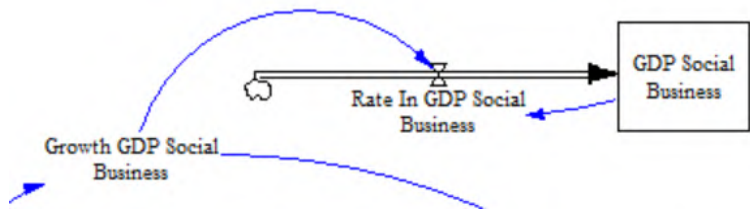
4.6.2.2. Model PDRB Bisnis Sosial

Model ini merupakan contoh model PDRB untuk tarif B-1. Pada Gambar 4.13 menunjukkan model PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan.

Level PDRB pada Gambar 4.13 merupakan akumulasi dari pertumbuhan tiap PDRB yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.13. *Rate in* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari PDRB tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.13.

Pada Tabel 4.26 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *Time*.

Pada Tabel 4.27 terdapat Rate PDRB Bisnis Sosial, *rate* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan.



Gambar 4.13 Model PDRB Bisnis Sosial

Tabel 4.26 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Bisnis Sosial

Nama	<i>Growth GDP Social Business</i>	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	Time
Ekuasi			
$2.215 \times \text{SIN}(0.04931 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) + 2.022) + 0.0581 \times \text{SIN}(0.5035 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) - 0.8324) + 1.794 \times \text{SIN}(0.06305 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) + 4.874)$			

Tabel 4.27 Rate PDRB Bisnis Sosial

Nama	<i>Rate in GDP Social Business</i>	Satuan	Rupiah/Month
Tipe	<i>Rate</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• <i>Growth GDP Social Business</i>• <i>GDP Social Business</i>
Ekuasi			
$\text{GDP Social Business} \times \text{Growth GDP Social Business}$			

Pada Tabel 4.28 terdapat *level* PDRB Bisnis Sosial. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada tiap bulannya.

Tabel 4.28 Level PDRB Bisnis Sosial

Nama	<i>GDP Social Business</i>	Satuan	Rupiah
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in GDP Social Business</i>
Nilai Awal			
Nilai awal pendapatan PDRB			
Ekuasi			
<i>Rate in GDP Social Business</i>			

4.6.2.3. Model SFD PDRB Tarif B-2

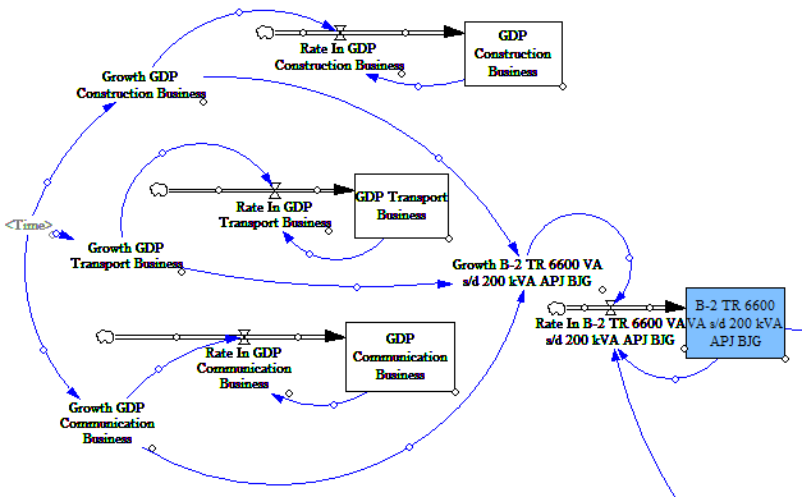
Gambar 4.14 merupakan contoh SFD dari PDRB bisnis terhadap pertumbuhan tarif B-2 APJ BJG. Level tiga PDRB pada gambar merupakan akumulasi dari pertumbuhan tiap PDRB yang direpresentasikan *rate in* pada gambar. *Rate in* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari PDRB tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada gambar 4.14. Tabel 4.29 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *construction* pada model, Tabel 4.30 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *transport* pada model, dan Tabel 4.31 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *communication* pada model, seperti pada Persamaan 4.6. Keempat variabel PDRB tersebut mempengaruhi variabel tarif B-2 pada model.

Sama seperti pada tarif B-1, nantinya tiga variabel yang mempengaruhi tarif B-2 tersebut nantinya akan dipakai dalam metode ekonometri dengan pendekatan regresi berganda untuk menemukan pengaruhnya terhadap tarif B-2 APJ BJG.

4.6.2.1. Model PDRB Bisnis Pengangkutan

Model ini merupakan contoh model PDRB untuk tarif B-2. Pada Gambar 4.15 menunjukkan model PDRB angkutan. *Level* PDRB pada Gambar 4.15 merupakan akumulasi dari pertumbuhan tiap PDRB yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.15. *Rate in* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi

berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.13.



Gambar 4.14 SFD PDRB terhadap Tarif B-2

Tabel 4.29 Pertumbuhan PDRB Bisnis Konstruksi

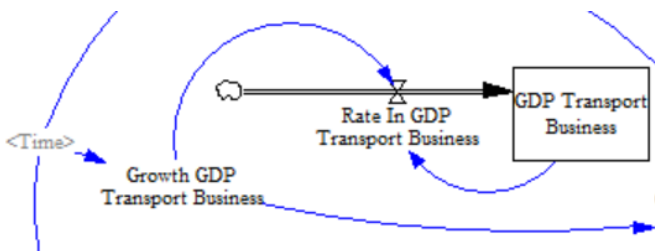
Nama	<i>GDP Construction Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.1843 \times \sin(0.004288x + 2.789) + 0.02225 \times \sin(0.7079x + 0.5859) + 0.07721 \times \sin(0.4758x - 0.6397)$			

Tabel 4.30 Pertumbuhan PDRB Bisnis Pengangkutan

Nama	<i>GDP Transport Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.1166 \times \sin(0.07689x + 0.782) + 0.07762 \times \sin(0.09851x + 3.708) + 0.03682 \times \sin(0.4582x + 1.18)$			

Tabel 4.31 Pertumbuhan PDRB Bisnis Komunikasi

Nama	<i>GDP Communication Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$00.1555 \times \sin(0.002698x + 2.74) + 0.0427 \times \sin(0.6149x + 1.928) + 0.05092 \times \sin(0.4683x + 6.735)$			

**Gambar 4.15 Model PDRB Bisnis Pengangkutan**

Pada Tabel 4.32 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *Time*.

Tabel 4.32 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Bisnis Pengangkutan

Nama	<i>Growth GDP Transportation</i>	Satuan	<i>1/Month</i>
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.1166 \times \text{SIN}(0.07689 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) + 0.782) + 0.07762 \times \text{SIN}(0.09851 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) + 3.708) + 0.03682 \times \text{SIN}(0.4582 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) - 1.18)$			

Pada Tabel 4.33 terdapat *rate* PDRB angkutan, *rate* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari PDRB angkutan.

Tabel 4.33 Rate PDRB Angkutan

Nama	<i>Rate in GDP Transportation</i>	Satuan	<i>Rupiah/Month</i>
Tipe	<i>Rate</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Growth GDP Transportation</i> • <i>GDP Transportation</i>
Ekuasi			
<i>GDP Transportation</i> × <i>Growth GDP Transportation</i>			

Pada Tabel 4.34 terdapat *level* PDRB angkutan. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada tiap bulannya.

Tabel 4.34 Level PDRB Angkutan

Nama	<i>GDP Transportation</i>	Satuan	<i>Rupiah</i>
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in GDP Transportation</i>
Nilai Awal			
Nilai awal pendapatan PDRB			
Ekuasi			
<i>Rate in Transportation</i>			

4.6.2.2. Model SFD PDRB Tarif B-3

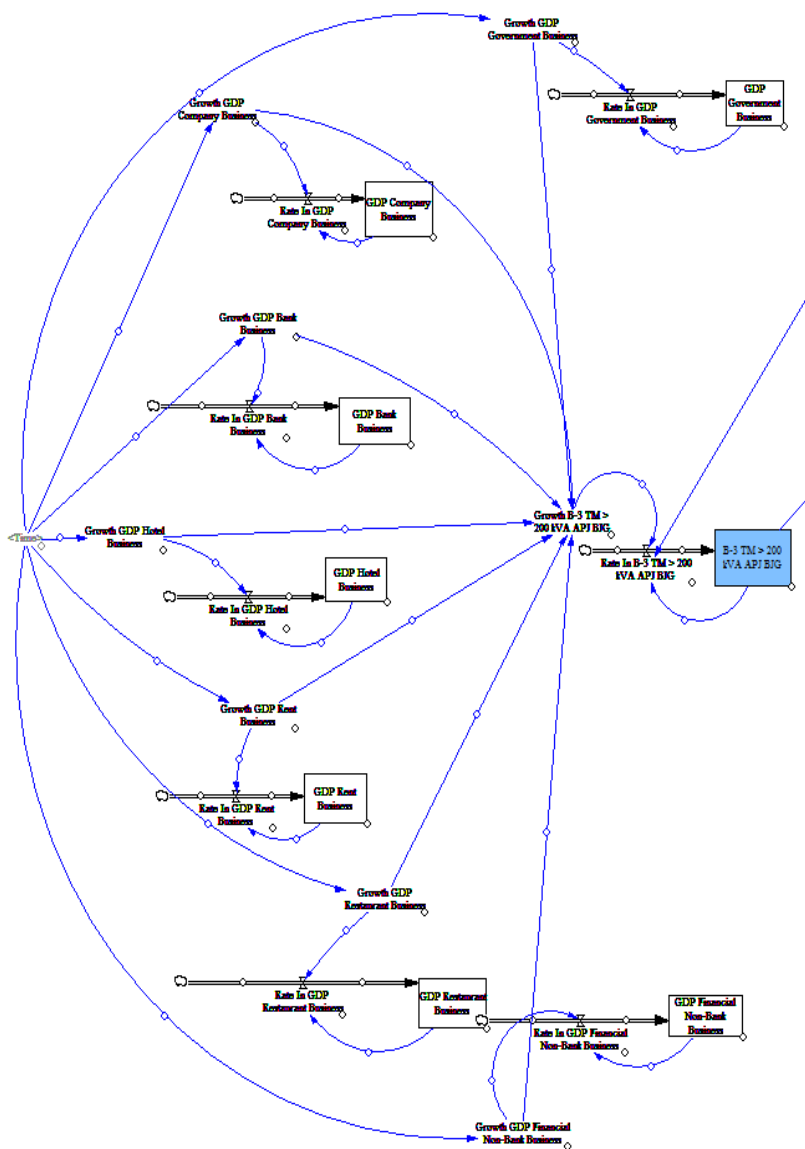
Gambar 4.5.7 merupakan contoh SFD dari PDRB bisnis terhadap pertumbuhan tarif B-3 APJ BJJ. Level tujuh GDP pada gambar merupakan akumulasi dari pertumbuhan tiap GDP yang direpresentasikan *rate in* pada gambar. *Rate in* merupakan penambahan GDP tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada gambar 4.14.

Tabel 4.35 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *government* pada model, Tabel 4.36 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *company* pada model, Tabel 4.37 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *bank* pada model, Tabel 4.38 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *hotel* pada model, Tabel 4.39 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *rent* pada model, Tabel 4.40 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *restaurant* pada model, dan Tabel 4.41 menjelaskan ekuasi dari variabel PDRB bisnis *financial noon-bank* pada model seperti pada Persamaan 4.6.

Ketujuh variabel PDRB tersebut mempengaruhi variabel tarif B-3 pada model. Persamaan yang didapatkan dari metode ekonometri nantinya akan menjadi ekuasi yang akan digunakan pada variabel pertumbuhan tarif bisnis pada model.

Tabel 4.35 Pertumbuhan PDRB Bisnis Pemerintah

Nama	<i>GDP Government Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$1.129 \times \sin(0.001522x + 3.068) + 0.1623 \times \sin(0.4626x + 1.128) + 0.05086 \times \sin(0.697x + 0.232)$			



Gambar 4.16 SFD PDRB Terhadap Tarfi B-3

Tabel 4.36 Pertumbuhan PDRB Bisnis Perusahaan Umum

Nama	<i>GDP Company Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.2798 \times \sin(0.02374x + 2.057) + 0.1754 \times \sin(0.05486x + 4.266) + 0.04403 \times \sin(0.4691x + 1.029)$			

Tabel 4.37 Pertumbuhan PDRB Bisnis Bank

Nama	<i>GDP Bank Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.05136 \times \sin(0.04989x + 0.7534) + 0.0007476 \times \sin(0.1743x - 0.4762) + 0.02513 \times \sin(0.4526x - 1.524)$			

Tabel 4.38 Pertumbuhan PDRB Bisnis Hotel

Nama	<i>GDP Hotel Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.1065 \times \sin(0.02673x + 1.944) + 0.04152 \times \sin(0.5807x + 2.795) + 0.04196 \times \sin(0.07069x + 4.122)$			

Tabel 4.39 Pertumbuhan PDRB Bisnis Persewaan

Nama	<i>GDP Rent Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.1956 \times \sin(0.02864x + 2.288) +$ $0.07168 \times \sin(0.09701x + 3.942) +$ $0.01293 \times \sin(0.4105x + 1.068)$			

Tabel 4.40 Pertumbuhan PDRB Bisnis Restoran

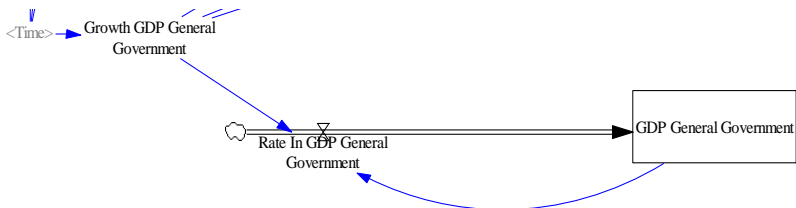
Nama	<i>GDP Restaurant Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.04027 \times \sin(0.03461 * x + 0.9868) +$ $0.03498 \times \sin(0.5086 * x - 0.7089) +$ $0.02402 \times \sin(0.8788 * x + 1.494)$			

Tabel 4.41 Pertumbuhan PDRB Bisnis Finansial non-Bank

Nama	<i>GDP Financial Non-Bank Business</i>	Satuan	<i>per month</i>
Tipe	Variabel normal	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$0.137 \times \sin(0.03007x - 0.02598) +$ $0.04006 \times \sin(0.5596x + 3.511) +$ $0.06735 \times \sin(0.07642x + 2.275)$			

4.6.2.3. Model PDRB Pemerintahan Umum

Model ini merupakan salah satu contoh model PDRB untuk tarif B-3. Pada Gambar 4.15 menunjukkan model PDRB pemerintahan umum. Level GDP pada Gambar 4.15 merupakan akumulasi dari pertumbuhan tiap GDP yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.15. *Rate in* merupakan penambahan GDP tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.15.



Gambar 4.17 Model PDRB Pemerintahan Umum

Pada Tabel 4.42 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *Time*.

Tabel 4.42 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Pemerintahan Umum

Nama	<i>Growth GDP General Government</i>	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Time</i>
Ekuasi			
$1.129 \times \sin(0.001522 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) + 3.068) + 0.1623 \times \sin(0.4626 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) - 1.128) + 0.05086 \times \sin(0.697 \times \text{MODULO}(\text{Time}, 50) + 0.232)$			

Pada Tabel 4.43 terdapat *rate* PDRB pemerintahan umum, *rate* merupakan penambahan PDRB tiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari PDRB pemerintahan umum.

Pada Tabel 4.44 terdapat *level* PDRB pemerintahan umum. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada tiap bulannya.

Tabel 4.43 Rate PDRB Pemerintahan Umum

Nama	<i>Rate in GDP General Government</i>	Satuan	Rupiah/Month
Tipe	<i>Rate</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Growth GDP General Government</i> • <i>GDP General Government</i>
Ekuasi			
<i>GDP General Government × Growth GDP General Government</i>			

Tabel 4.44 Level PDRB Pemerintahan Umum

Nama	<i>GDP General Government</i>	Satuan	Rupiah
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in GDP General Government</i>
Nilai Awal			
Nilai awal pendapatan PDRB			
Ekuasi			
<i>Rate in GDP General Government</i>			

4.6.3. Perhitungan Ekonometri Bisnis

Pada subbab ini, akan dijelaskan langkah perhitungan persamaan ekonometri. Pertama masukkan data pertumbuhan persentase pada tiap triwulan serta tarif yang berhubungan dengan PDRB yang terkait ke Minitab seperti pada Gambar 4.18. jadi pada tiap-tiap tarif dan APJ maka persamaannya akan berbeda.

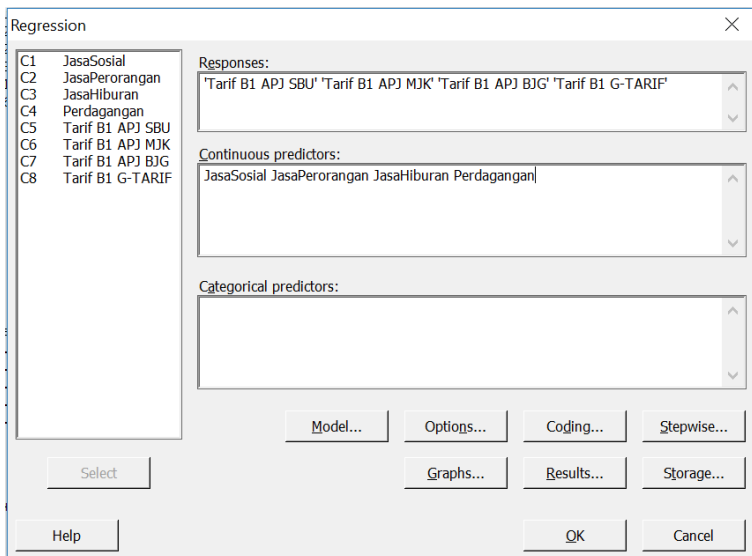
Minitab - Regresi B1.MPJ - [Worksheet 1 ***]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	JasaSosial	JasaPerorangan	JasaHiburan	Perdagangan	Tarif B1 APJ SBU	Tarif B1 APJ MJK	Tarif B1 APJ BJG	Tarif B1 G-TARIF
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	19.52%	2.97%	24.53%	6.83%	5.07%	3.85%	1.28%	1.28%
3	*	*	*	*	*	*	*	*
4	1.72%	10.93%	10.95%	2.59%	10.40%	3.83%	5.07%	5.07%
5	-7.75%	-9.69%	-17.35%	0.74%	-7.83%	-5.32%	-4.49%	-4.49%
6	17.66%	5.57%	11.38%	6.73%	7.64%	7.41%	7.95%	7.95%
7	*	*	*	*	*	*	*	*
8	2.51%	7.26%	11.06%	2.16%	22.59%	0.68%	8.74%	8.74%
9	2.94%	0.45%	0.38%	-1.65%	-8.60%	-3.56%	-6.72%	-6.72%
10	8.19%	5.39%	4.08%	6.67%	14.80%	5.73%	10.69%	10.69%
11	*	*	*	*	*	*	*	*
12	-1.08%	8.77%	3.65%	2.24%	16.64%	2.20%	6.77%	6.77%
13								

Gambar 4.18 Contoh *List* Data Pertumbuhan Persentase untuk Mencari Persamaan Ekonometri

Kemudian klik *fit* model pada menu *tab Stat*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Tampilan pada Menu *Fit* Model

Kemudian pilih kolom mana yang akan dicari persamaannya, sehingga dipilih tarif dan PDRB yang bersangkutan. Setelah itu klik Ok.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0134542	94.80%	89.60%	67.20%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0.02134	0.00664	-3.21	0.032	
JasaSosial	0.217	0.145	1.49	0.210	7.30
JasaPerorangan	0.465	0.132	3.52	0.025	2.91
JasaHiburan	-0.164	0.113	-1.46	0.219	7.29
Perdagangan	0.677	0.262	2.58	0.061	3.01

Regression Equation

Tarif B1 APJ MJK = -0.02134 + 0.217 JasaSosial + 0.465 JasaPerorangan
 + 0.164 JasaHiburan + 0.677 Perdagangan

Gambar 4.20 Hasil Perhitungan Persamaan Ekonometri

Pada Gambar 4.20 menunjukkan hasil perhitungan dari Minitab, apabila *R-Square* mendekati 100% dan *P-Value* mendekati 0% maka fungsi yang didapatkan dapat digunakan. Apabila syarat tersebut tidak terpenuhi maka perlu dicari fungsi yang lain, *error* yang terjadi dikarenakan keterbatasan data serta kecocokan data yang didapatkan dari BPS dan PLN.

4.6.4. Model Demand APJ Bojonegoro (APJ BJB)

Pada Subbab ini akan dibuat base model untuk area Bojonegoro (APJ BJB). Adapun penjelasannya untuk tiap-tiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

4.6.4.1. Penggunaan Listrik Sektor Bisnis APJ BJB

Pada Gambar 4.21 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ BJB. Total *Demand Business* APJ BJB

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif B-1, B-2 dan B-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB bisnis pada Tabel 4.46.

Tabel 4.45 Persamaan Ekonometri sektor bisnis APJ BJJ

Tarif	Ekuasi
B-1 APJ BJJ	$-0.0216 - 0.244 \times \text{Growth GDP Social Business} + 0.743 \times \text{Growth GDP Personal Business} - 0.152 \times \text{Growth GDP Amusement Business} + 1.645 \times \text{Growth GDP Trading Business}$
B-2 APJ BJJ	$(0.0027 + 0.775 \times \text{Growth GDP Construction Business} + 1.164 \times \text{Growth GDP Transport Business} - 1.271 \times \text{Growth GDP Communication Business}) \times 0.3$
B-3 APJ BJJ	$(0.0375 - 0.22 \times \text{Growth GDP Government Business} + 3.1 \times \text{Growth GDP Company Business} + 3.56 \times \text{Growth GDP Bank Business} + 3.11 \times \text{Growth GDP Hotel Business} - 4.12 \times \text{Growth GDP Rent Business}) \times 0.008 + (2.26 \times \text{Growth GDP Restaurant Business} - 6.78 \times \text{Growth GDP Financial Non-Bank Business}) \times 0.3$

Tabel 4.46 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis APJ BJJ

Nama	<i>Growth B-1, B-2 dan B-3 APJ BJJ</i>	Satuan	<i>1/Month</i>
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Growth GDP Business</i>
Ekuasi			
Persamaan Ekonometri Tabel 4.44			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi level pada Gambar 4.22 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada tiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-1 dijelaskan pada Tabel 4.47.

Tabel 4.47 Level Tarif B-1 APJ BJJ

Nama	B-1 APJ BJJ	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-1 APJ BJJ
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-1			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-1 APJ BJJ			

Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-2 dijelaskan pada Tabel 4.48.

Tabel 4.48 Level Tarif B-2 APJ BJJ

Nama	B-2 APJ BJJ	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-2 APJ BJJ
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (KWH) Tarif B-2			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-2 APJ BJJ			

Sedangkankan pada model variabel jumlah *demand* tarif B-3 dijelaskan pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 Level Tarif B-3 APJ BJJ

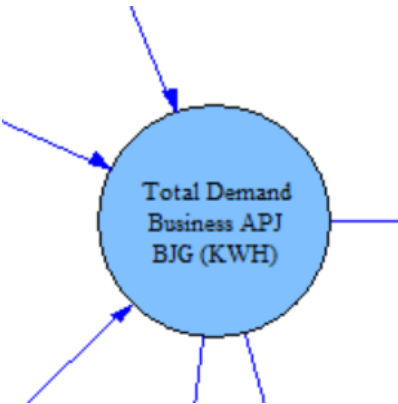
Nama	B-3 APJ BJJ	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-3 APJ BJJ
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (KWH) Tarif B-3			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-3 APJ BJJ			

Pada Tabel 4.50 merupakan tabel akumulasi dari variabel B-1 APJ BJB, B-2 APJ BJB dan B-3 APJ BJB.

Tabel 4.50 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ BJB

Nama	Total Demand Business APJ BJB	Satuan	kWh
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• B-1 APJ BJB• B-2 APJ BJB• B-3 APJ BJB
Ekuasi			
B-1 APJ BJB + B-2 APJ BJB + B-3 APJ BJB			

Pada Gambar 4.22 merupakan base model dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ BJB.

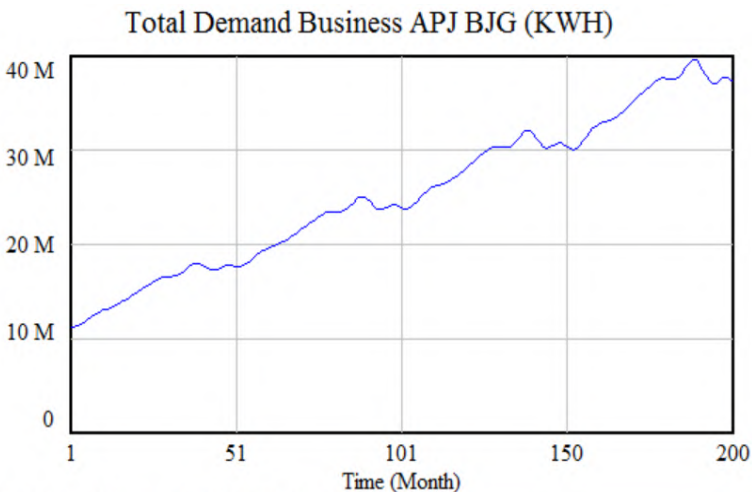


Gambar 4.22 Total Demand Bisnis APJ BJB

Pada Tabel 4.51 menjelaskan bahwa total *demand* bisnis APJ BJB. Lalu pada grafik hasil *base model* APJ BJB ditunjukkan pada Gambar 4.23.

Tabel 4.51 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ BJB

Nama	<i>Total Demand Business APJ BJB</i>	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	• <i>Total Demand Business</i>
Ekuasi			
<i>Total Demand Business APJ BJB</i>			



"Total Demand Business APJ BJB (KWH)" : Current

Gambar 4.23 Grafik Base Model Total Demand Bisnis APJ BJB

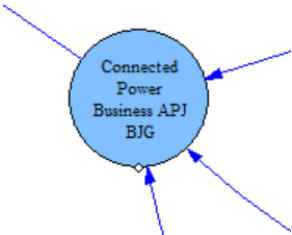
4.6.4.2. Daya Langgan Sektor Bisnis APJ BJB

Pada Gambar 4.24 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor bisnis APJ BJB.

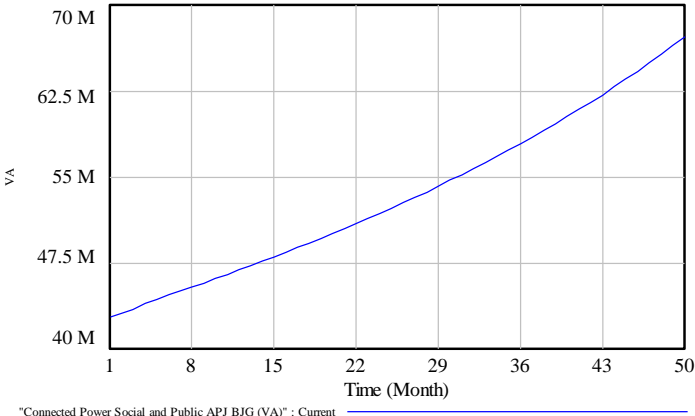
Pada Tabel 4.52 menjelaskan bahwa total daya langgan bisnis APJ BJB merupakan akumulasi dari Total daya langgan bisnis di area pelayanan jaringan Bojonegoro. Berikut grafik hasil *base model* daya langgan APJ BJB yang ditunjukkan pada Gambar 4.25.

Tabel 4.52 Auxiliary Daya Langgan Bisnis APJ BJB

Nama	Connected Power Business APJ BJB	Satuan	VA
Tipe	Auxiliary	Variabel	• Connected Power Business APJ BJB
Ekuasi			
Connected Power Business APJ BJB			



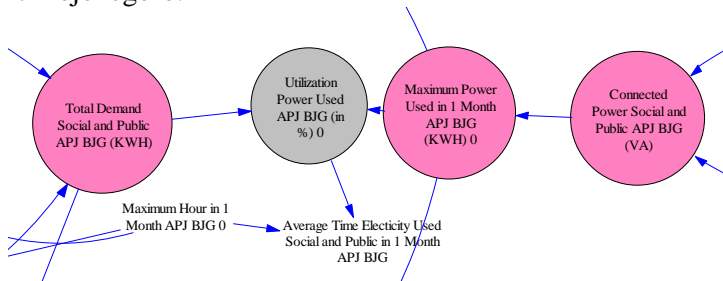
Gambar 4.24 Daya Langgan Bisnis APJ BJB



Gambar 4.25 Grafik Base Model Daya Langgan Bisnis APJ BJB

4.6.4.3. Persentase Penggunaan Listrik dari Maksimal Pemakaian APJ BJJ

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Pada Gambar 4.26 merupakan *base model* dari utilisasi APJ Bojonegoro.



Gambar 4.26 Model Prosentase Penggunaan Daya Listrik APJ BJJ

Pada Tabel 4.53 dimasukkan fungsi dari utilisasi tersebut, yaitu:

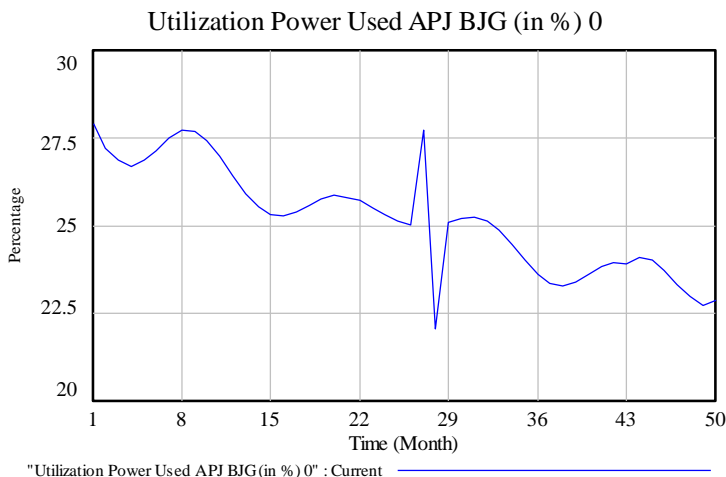
$$\frac{\text{Demand Listrik APJ}}{\text{Penggunaan Daya Maksimal per Bulan}} \times 100\% \quad (4.7)$$

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.52.

Tabel 4.53 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik APJ BJJ

Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik APJ BJJ	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan daya maksimal • Demand energi listrik terpakai
Ekuasi			
<i>Demand</i> energi listrik terpakai / Penggunaan daya maksimal x 100%			

Pada Gambar 4.27 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada APJ Bojonegoro.



Gambar 4.27 Grafik Pemakaian Listrik APJ BJB

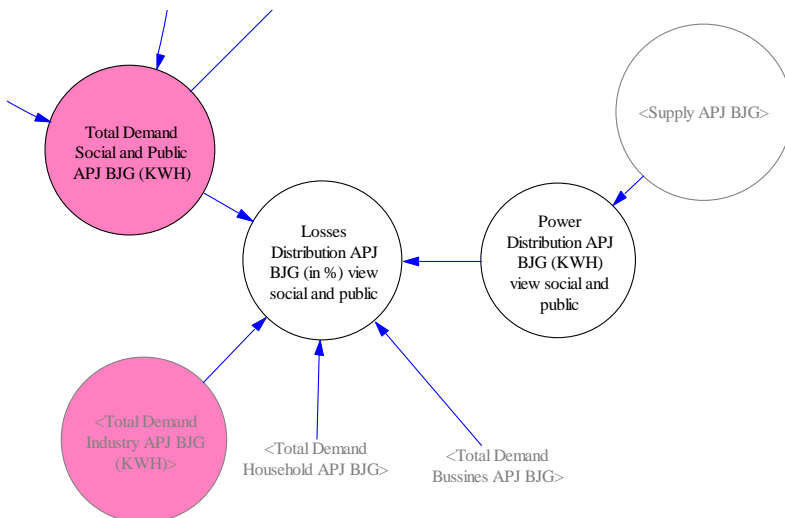
4.6.4.4. Persentase Kekurangan Daya Listrik APJ BJB

Supply listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.28 merupakan *base model* persentase kekurangan listrik di APJ BJB.

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka *auxiliary* kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8 .

$$\frac{Demand\ seluruh\ sektor - Distribusi\ Maksimal}{Distribusi\ Maksimal} \times 100\% \tag{4.8}$$

Persamaan 4.8 dimasukkan kedalam *auxiliary* kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.54.



Gambar 4.28 Kekurangan Daya Listrik APJ BJB

Tabel 4.54 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ BJB

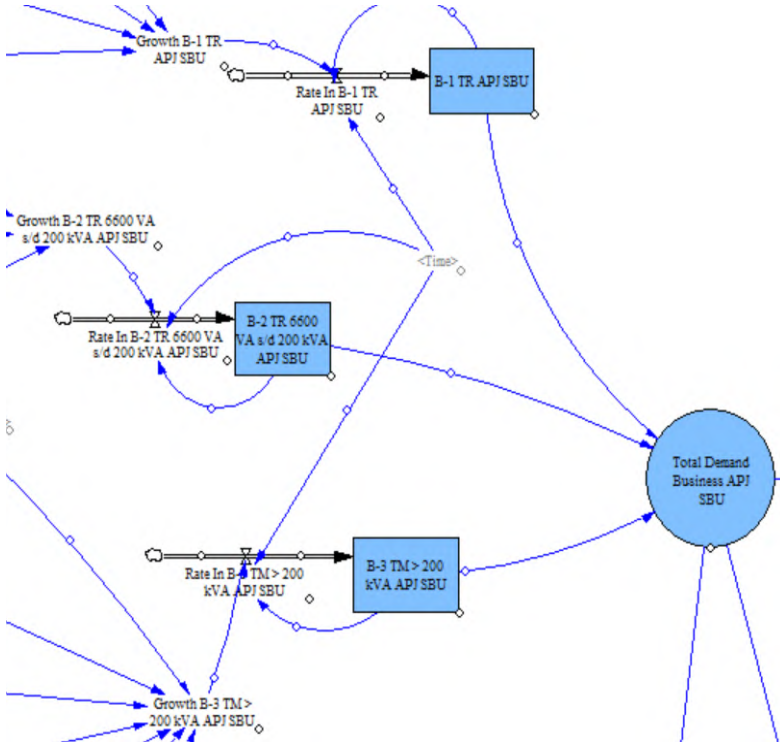
Nama	Kekurangan daya listrik APJ BJB	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Demand</i> di seluruh sektor • Distribusi Energi Listrik Maksimal
Ekuasi			
$IF(demand > \text{distribusi maksimal}((Demand \text{ seluruh sektor} - \text{distribusi energi listrik maksimal}) / \text{distribusi energi listrik maksimal} \times 100\%))$			

4.6.5. Model *Demand* APJ Surabaya Utara (APJ SBU)

Pada Subbab ini akan dibuat *base model* untuk area Surabaya Utara. Adapun penjelasannya untuk tiap-tiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

4.6.5.1. Penggunaan Listrik Sektor Bisnis APJ SBU

Pada Gambar 4.29 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ BJG. Total *Demand Business* APJ SBU dipengaruhi oleh 3 variabel B-1 APJ SBU, B-2 APJ SBU dan B-3 APJ SBU.



Gambar 4.29 Model Penggunaan Listrik Sektor Bisnis APJ SBU

Metode ekonometri digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model.

Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.55.

Tabel 4.55 Persamaan Ekonometri Sektor Bisnis APJ BJG

Tarif	Ekuasi
B-1 APJ SBU	$-0.0216 - 0.244 \times \text{Growth GDP Social Business} + 0.743 \times \text{Growth GDP Personal Business} - 0.152 \times \text{Growth GDP Amusement Business} + 1.645 \times \text{Growth GDP Trading Business}$
B-2 APJ SBU	$(0.0027 + 0.775 \times \text{Growth GDP Construction Business} + 1.164 \times \text{Growth GDP Transport Business} - 1.271 \times \text{Growth GDP Communication Business}) \times 0.3$
B-3 APJ SBU	$(0.0375 - 0.22 \times \text{Growth GDP Government Business} + 3.1 \times \text{Growth GDP Company Business} + 3.56 \times \text{Growth GDP Bank Business} + 3.11 \times \text{Growth GDP Hotel Business} - 4.12 \times \text{Growth GDP Rent Business}) \times 0.008 + (2.26 \times \text{Growth GDP Restaurant Business} - 6.78 \times \text{Growth GDP Financial Non-Bank Business}) \times 0.3$

Pada Tabel 4.55 menunjukkan PDRB apa saja yang mempengaruhi tarif B-1, B-2 dan B-3.

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif B-1, B-2 dan B-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB bisnis pada Tabel 4.56.

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.27 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada tiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-1 dijelaskan pada Tabel 4.57

Tabel 4.56 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis APJ SBU

Nama	<i>Growth</i> B-1, B-2 dan B-3 APJ SBU	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Growth GDP Business</i>
Ekuasi			
Persamaan Ekonometri Tabel 4.44			

Tabel 4.57 Level Tarif B-1 APJ SBU

Nama	B-1 APJ SBU	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-1 APJ SBU
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-1			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-1 APJ SBU			

Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-2 dijelaskan pada Tabel 4.58.

Tabel 4.58 Level Tarif B-2 APJ SBU

Nama	B-2 APJ SBU	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-2 APJ SBU
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-2			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-2 APJ SBU			

Sedangkankan pada model variabel jumlah *demand* tarif B-3 dijelaskan pada Tabel 4.59.

Pada Tabel 4.60 merupakan tabel akumulasi dari variabel B-1, B-2 dan B-3 APJ SBU.

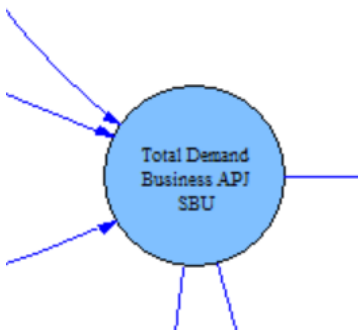
Tabel 4.59 Level Tarif B-3 APJ SBU

Nama	B-3 APJ SBU	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in B-3 APJ SBU</i>
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-3			
Ekuasi			
<i>Rate in B-3 APJ SBU</i>			

Tabel 4.60 Auxiliary Total Demand Sosial APJ SBU

Nama	<i>Total Demand Business APJ SBU</i>	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • B-1 APJ SBU • B-2 APJ SBU • B-3 APJ SBU
Ekuasi			
B-1 APJ SBU + B-2 APJ SBU + B-3 APJ SBU			

Pada Gambar 4.28 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ SBU.

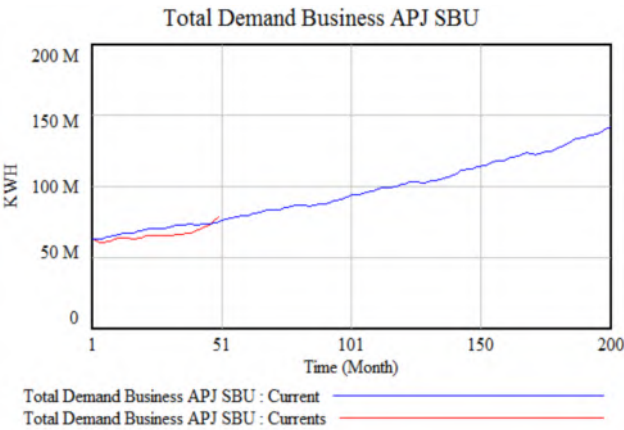
**Gambar 4.30 Total Demand Bisnis APJ SBU**

Pada Tabel 4.61 menjelaskan total *demand* bisnis APJ SBU.

Tabel 4.61 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ SBU

Nama	<i>Total Demand Business APJ SBU</i>	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	• <i>Total Demand Business</i>
Ekuasi			
<i>Total Demand Business APJ SBU</i>			

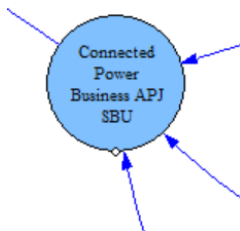
Berikut grafik hasil *base model* APJ SBU yang ditunjukkan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Grafik Base Model Total Demand Bisnis APJ SBU

4.6.5.2. Daya Langgan Sektor Bisnis APJ SBU

Pada Gambar 4.32 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor bisnis APJ SBU.



Gambar 4.32 Daya Langgan Bisnis APJ SBU

Pada Tabel 4.62 menjelaskan bahwa total daya langgan bisnis APJ SBU merupakan akumulasi dari total daya langgan bisnis di area pelayanan jaringan Surabaya Utara.

Tabel 4.62 Auxiliary Daya Langgan Bisnis APJ SBU

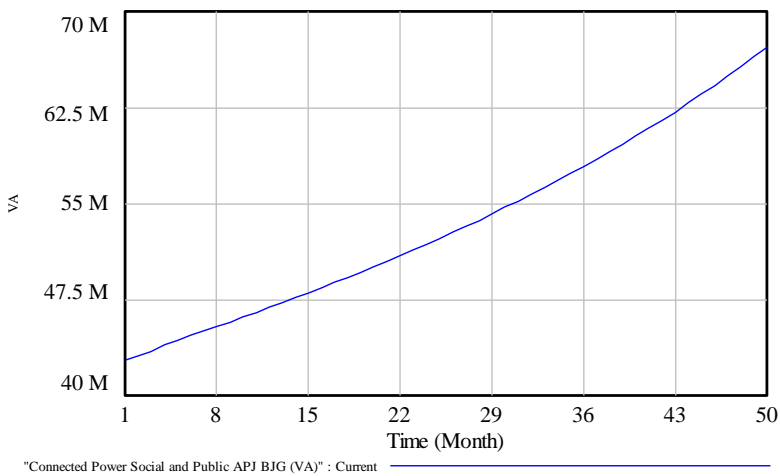
Nama	<i>Connected Power Business APJ SBU</i>	Satuan	VA
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	• <i>Connected Power Business APJ SBU</i>
Ekuasi			
<i>Connected Power Business APJ SBU</i>			

Berikut grafik hasil *base model* daya langgan APJ SBU yang ditunjukkan pada Gambar 4.33.

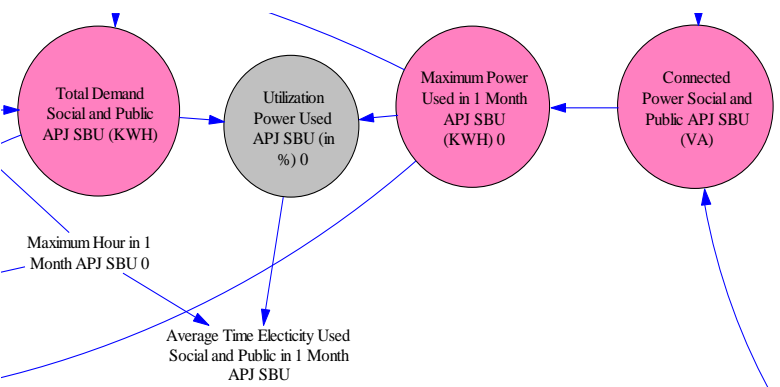
4.6.5.1. Persentase Penggunaan Listrik dari Maksimal Pemakaian APJ SBU

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan

utilisasi. Pada Gambar 4.34 merupakan *base model* dari utilisasi APJ SBU.



Gambar 4.33 Grafik *Base Model* Daya Langgan Bisnis APJ SBU



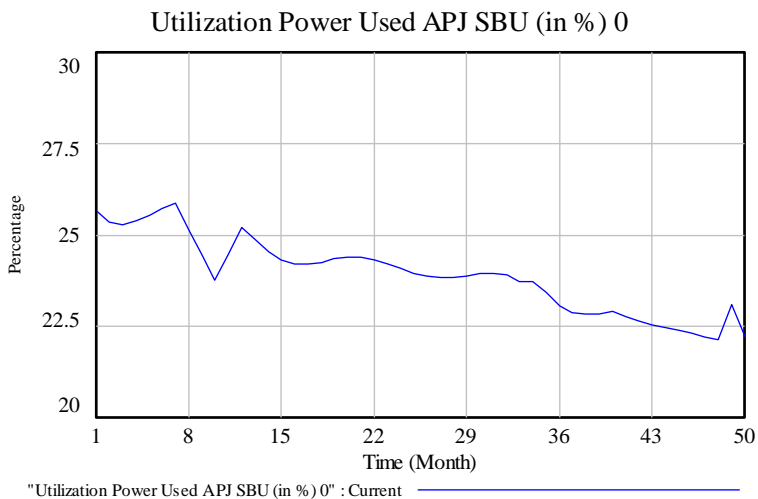
Gambar 4.34 Model Prosentase Penggunaan Daya Listrik APJ SBU

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.63.

Tabel 4.63 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik APJ SBU

Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik APJ SBU	Satuan	Persen
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan daya maksimal • Demand energi listrik terpakai
Ekuasi			
$Demand \text{ energi listrik terpakai} / \text{Penggunaan daya maksimal} \times 100\%$			

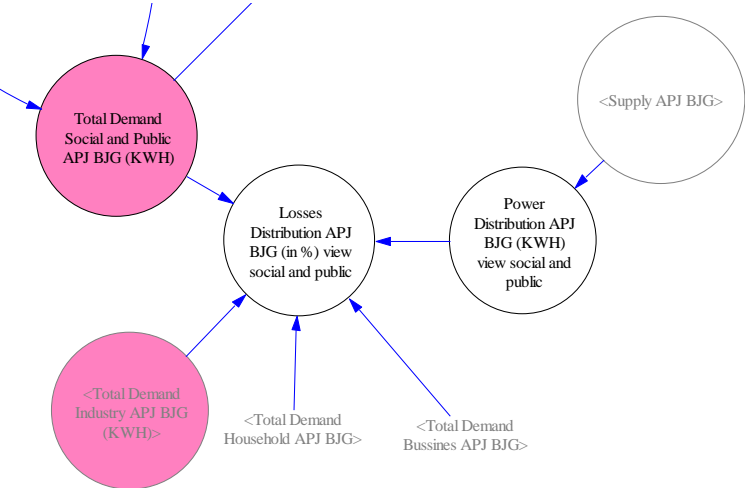
Pada Gambar 4.35 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada APJ Surabaya Utara.

**Gambar 4.35 Grafik Pemakaian Listrik APJ SBU**

4.6.5.2. Persentase Kekurangan Daya Listrik APJ SBU

Supply listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus

meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.36 merupakan *base model* persentase kekurangan listrik di APJ SBU.



Gambar 4.36 Kekurangan Daya Listrik APJ SBU

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka *auxiliary* kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8. Persamaan 4.8 dimasukkan kedalam *auxiliary* kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.64.

Tabel 4.64 *Auxiliary* Kekurangan Daya Listrik APJ SBU

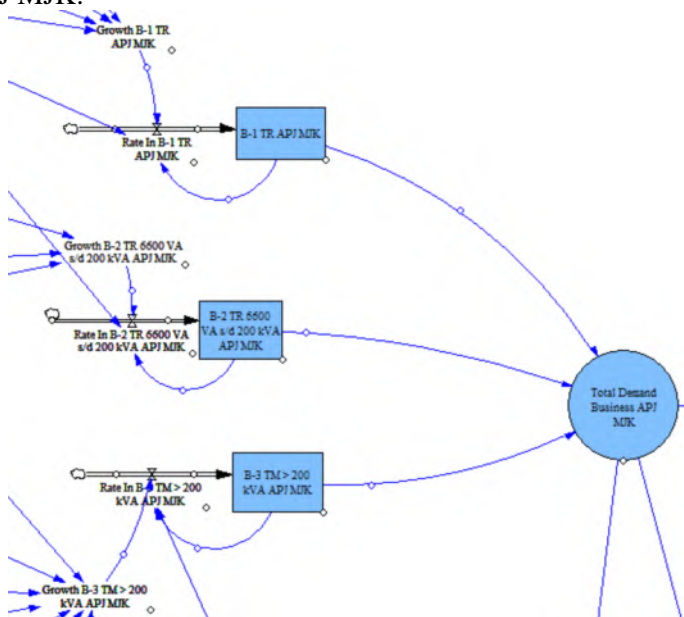
Nama	Kekurangan daya listrik APJ SBU	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• <i>Demand</i> di seluruh sektor• Distribusi Energi Listrik Maksimal
Ekuasi			
$IF(demand > \text{distribusi maksimal}) ((Demand \text{ seluruh sektor} - \text{distribusi energi listrik maksimal}) / \text{distribusi energi listrik maksimal} \times 100\%)$			

4.6.6. Model *Demand* APJ Mojokerto (APJ MJK)

Pada Subbab ini akan dibuat *base model* untuk area Mojokerto. Adapun penjelasannya untuk tiap-tiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

4.6.6.1. Penggunaan Listrik Sektor Bisnis APJ MJK

Pada Gambar 4.37 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ MJK. Total *Demand Business* APJ MJK dipengaruhi oleh 3 variabel B-1 APJ MJK, B-2 APJ MJK dan B-3 APJ MJK.



Gambar 4.37 Model Penggunaan Listrik Sektor Bisnis APJ MJK

Metode ekonometri digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.65.

Tabel 4.65 Persamaan Ekonometri Sektor Sosial APJ MJK

Tarif	Ekuasi
B-1 APJ MJK	$-0.0216 - 0.244 \times \text{Growth GDP Social Business} + 0.743 \times \text{Growth GDP Personal Business} - 0.152 \times \text{Growth GDP Amusement Business} + 1.645 \times \text{Growth GDP Trading Business}$
B-2 APJ MJK	$(0.0027 + 0.775 \times \text{Growth GDP Construction Business} + 1.164 \times \text{Growth GDP Transport Business} - 1.271 \times \text{Growth GDP Communication Business}) \times 0.3$
B-3 APJ MJK	$(0.0375 - 0.22 \times \text{Growth GDP Government Business} + 3.1 \times \text{Growth GDP Company Business} + 3.56 \times \text{Growth GDP Bank Business} + 3.11 \times \text{Growth GDP Hotel Business} - 4.12 \times \text{Growth GDP Rent Business}) \times 0.008 + (2.26 \times \text{Growth GDP Restaurant Business} - 6.78 \times \text{Growth GDP Financial Non-Bank Business}) \times 0.3$

Pada Tabel 4.65 menunjukkan PDRB apa saja yang mempengaruhi tarif B-1, B-2 dan B-3.

Tabel 4.66 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis APJ MJK

Nama	<i>Growth B-1, B-2 dan B-3 APJ MJK</i>	Satuan	<i>1/Month</i>
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Growth GDP Business</i>
Ekuasi			
Persamaan Ekonometri Tabel 4.44			

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif B-1, B-2 dan B-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB bisnis pada Tabel 4.66.

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi level pada Gambar 4.37 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada tiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-1 dijelaskan pada Tabel 4.67.

Tabel 4.67 Level Tarif B-1 APJ MJK

Nama	B-1 APJ MJK	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-1 APJ MJK
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-1			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-1 APJ MJK			

Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-2 dijelaskan pada Tabel 4.68.

Tabel 4.68 Level Tarif B-2 APJ MJK

Nama	B-2 APJ MJK	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-2 APJ MJK
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-2			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-2 APJ MJK			

Sedangkankan pada model variabel jumlah *demand* tarif B-3 dijelaskan pada Tabel 4.69.

Tabel 4.69 Level Tarif B-3 APJ MJK

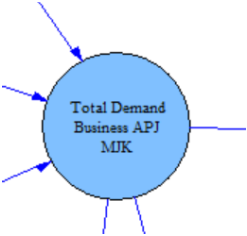
Nama	B-3 APJ MJK	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in B-3 APJ MJK</i>
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-3			
Ekuasi			
<i>Rate in B-3 APJ MJK</i>			

Pada Tabel 4.70 merupakan tabel akumulasi dari variabel B-1, B-2 dan B-3 APJ MJK.

Tabel 4.70 Auxiliary Total Demand Sosial APJ MJK

Nama	<i>Total Demand Business APJ MJK</i>	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• B-1 APJ MJK• B-2 APJ MJK• B-3 APJ MJK
Ekuasi			
B-1 APJ MJK + B-2 APJ MJK + B-3 APJ MJK			

Pada Gambar 4.38 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ MJK.



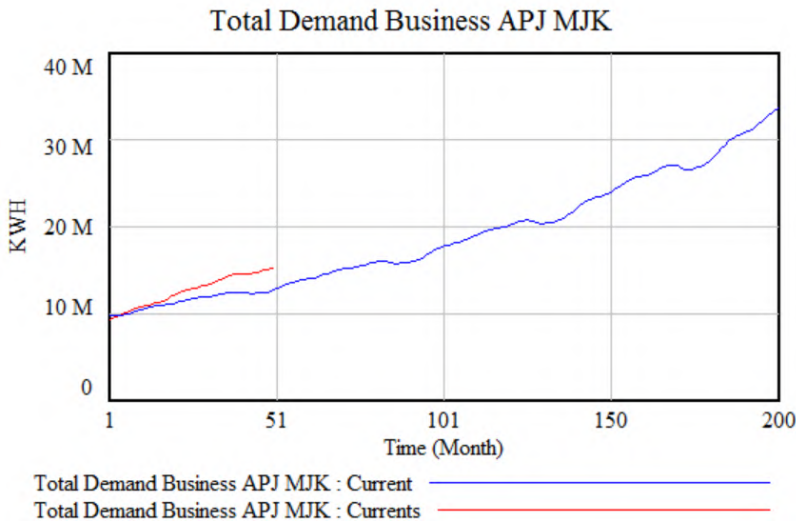
Gambar 4.38 Total Demand Bisnis APJ MJK

Pada Tabel 4.71 menjelaskan *auxiliary total demand* bisnis APJ MJK.

Tabel 4.71 Auxiliary Total Demand Bisnis APJ MJK

Nama	<i>Total Demand Business APJ MJK</i>	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	• Total Demand Business
Ekuasi			
<i>Total Demand Business APJ MJK</i>			

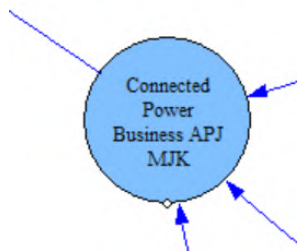
Berikut grafik hasil *base model* APJ MJK yang ditunjukkan pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Grafik Base Model Total Demand Bisnis APJ MJK

4.6.6.2. Daya Langgan Sektor Bisnis APJ MJK

Pada Gambar 4.40 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor bisnis APJ MJK.



Gambar 4.40 Daya Langgan Bisnis APJ MJK

Pada Tabel 4.72 menjelaskan bahwa total daya langgan bisnis APJ MJK merupakan akumulasi dari total daya langgan bisnis di area pelayanan Mojokerto.

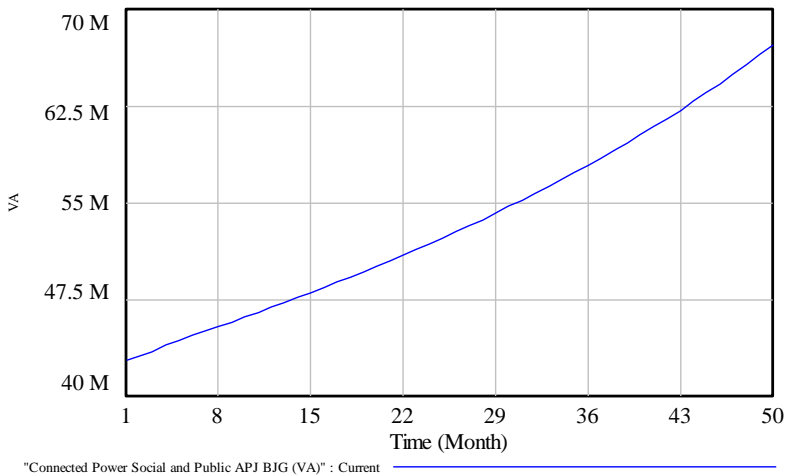
Tabel 4.72 Auxiliary Daya Langgan Bisnis APJ MJK

Nama	Connected Power Business APJ MJK	Satuan	VA
Tipe	Auxiliary	Variabel	• Connected Power Business APJ MJK
Ekuasi			
Connected Power Business APJ MJK			

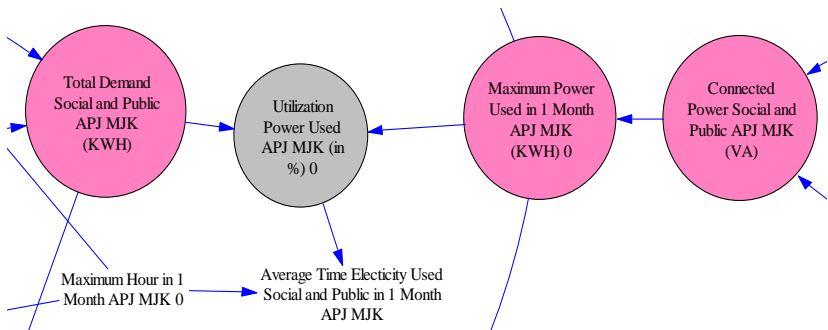
Berikut grafik hasil *base model* daya langgan APJ MJK yang ditunjukkan pada Gambar 4.41.

4.6.6.1. Persentase Penggunaan Listrik dari Maksimal Pemakaian APJ MJK

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal power tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Pada Gambar 4.42 merupakan *base model* dari utilisasi APJ Mojokerto.



Gambar 4.41 Grafik Base Model Daya Langgan Bisnis APJ MJK



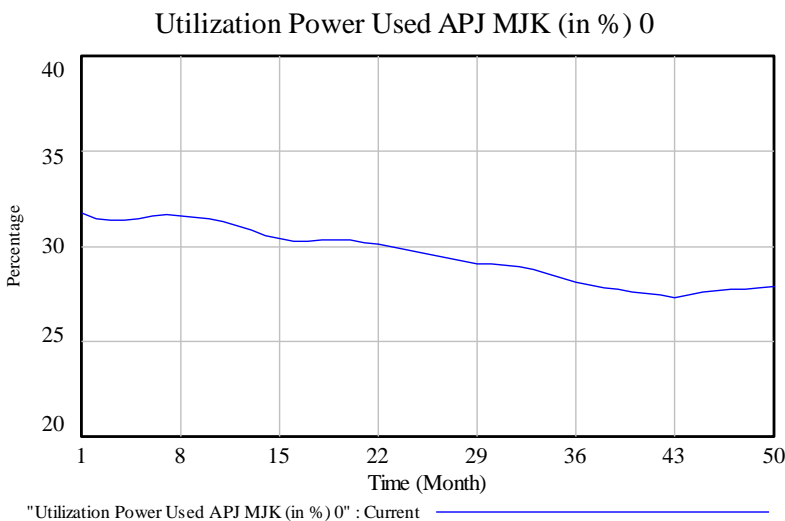
Gambar 4.42 Model Prosentase Penggunaan Daya Listrik APJ MJK

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.73.

Pada Gambar 4.43 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada APJ Bojonegoro.

Tabel 4.73 *Auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik APJ MJK

Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik APJ MJK	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• Penggunaan daya maksimal• <i>Demand</i> energi listrik terpakai
Ekuasi			
$Demand \text{ energi listrik terpakai} / \text{Penggunaan daya maksimal} \times 100\%$			

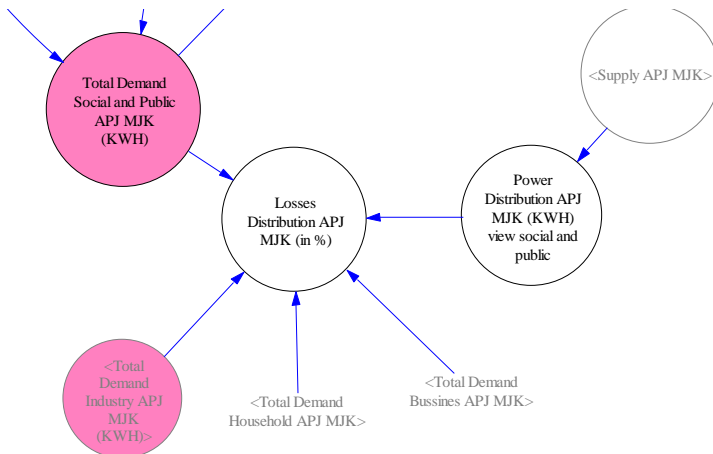


Gambar 4.43 Grafik Pemakaian Listrik APJ MJK

4.6.6.2. Persentase Kekurangan Daya Listrik APJ MJK

Supply listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus

meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.44 merupakan base model persentase kekurangan listrik di APJ MJK.



Gambar 4.44 Kekurangan Daya Listrik APJ MJK

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka auxiliary kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8. Persamaan 4.8 dimasukkan kedalam auxiliary kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.74.

Tabel 4.74 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ MJK

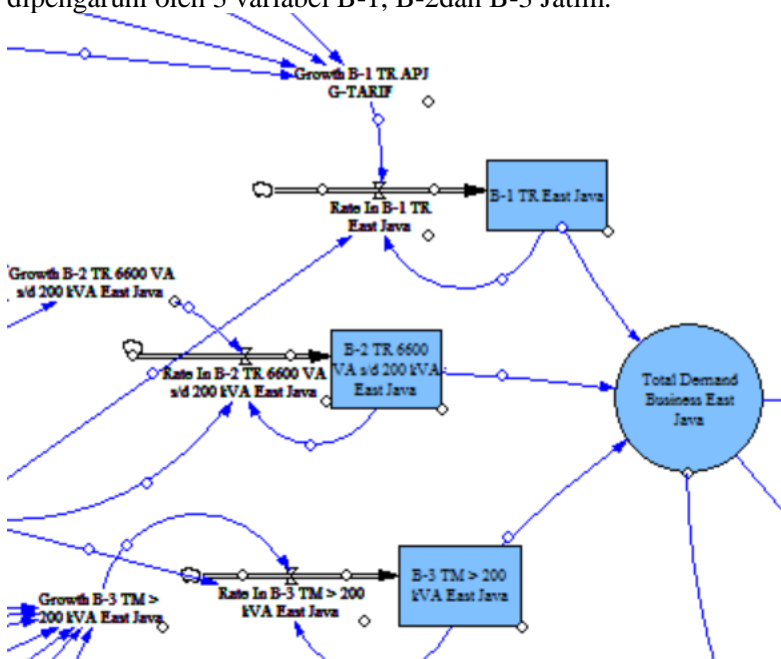
Nama	Kekurangan daya listrik APJ MJK	Satuan	Persen
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Demand</i> di seluruh sektor • Distribusi Energi Listrik Maksimal
Ekuasi			
$IF(demand > \text{distribusi maksimal}) \left(\frac{(Demand \text{ seluruh sektor} - \text{distribusi energi listrik maksimal})}{\text{distribusi energi listrik maksimal}} \times 100\% \right)$			

4.6.7. Model *Demand* Total Jawa Timur (Jatim)

Pada Subbab ini akan dibuat *base model* untuk Jawa Timur. Adapun penjelasannya untuk tiap-tiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

4.6.7.1. Penggunaan Listrik Sektor Bisnis Jatim

Pada Gambar 4.45 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis APJ Jatim. Total *Demand Business* Jatim dipengaruhi oleh 3 variabel B-1, B-2 dan B-3 Jatim.



Gambar 4.45 Model Penggunaan Listrik Sektor Bisnis Jatim

Metode ekonometri digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.75.

Tabel 4.75 Persamaan Ekonometri sektor sosial Jatim

Tarif	Ekuasi
B-1 Jatim	$(-0.0216 - 0.244 * \text{Growth GDP Social Business} + 0.743 * \text{Growth GDP Personal Business} - 0.152 * \text{Growth GDP Amusement Business} + 1.645 * \text{Growth GDP Trading Business}) * 0.151$
B-2 Jatim	$(0.0027 + 0.775 * \text{Growth GDP Construction Business} + 1.164 * \text{Growth GDP Transport Business} - 1.271 * \text{Growth GDP Communication Business})$
B-3 Jatim	$(0.0375 - 0.22 * \text{Growth GDP Government Business} + 3.1 * \text{Growth GDP Company Business} + 3.56 * \text{Growth GDP Bank Business} + 3.11 * \text{Growth GDP Hotel Business} - 4.12 * \text{Growth GDP Rent Business} + 2.26 * \text{Growth GDP Restaurant Business} - 6.78 * \text{Growth GDP Financial Non-Bank Business}) * 0.8$

Pada Tabel 4.83 menunjukkan PDRB apa saja yang mempengaruhi tarif B-1, B-2 dan B-3. Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif B-1, B-2 dan B-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB bisnis pada Tabel 4.76.

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi level pada Gambar 4.46 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada tiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-1 dijelaskan pada Tabel 4.77.

Tabel 4.76 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Bisnis Jatim

Nama	<i>Growth B-1, B-2 dan B-3 Jatim</i>	Satuan	<i>1/Month</i>
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Growth GDP Business</i>
Ekuasi			
Persamaan Ekonometri Tabel 4.44			

Tabel 4.77 Level Tarif B-1 Jatim

Nama	B-1 APJ Jatim	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in B-1 Jatim</i>
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-1			
Ekuasi			
<i>Rate in B-1 Jatim</i>			

Pada model variabel jumlah *demand* tarif B-2 dijelaskan pada Tabel 4.78.

Tabel 4.78 Level Tarif B-2 APJ Jatim

Nama	B-2 Jatim	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in B-2 Jatim</i>
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-2			
Ekuasi			
<i>Rate in B-2 Jatim</i>			

Sedangkankan pada model variabel jumlah *demand* tarif B-3 dijelaskan pada Tabel 4.79.

Pada Tabel 4.80 merupakan tabel akumulasi dari variabel B-1, B-2, dan B-3 Jawa Timur.

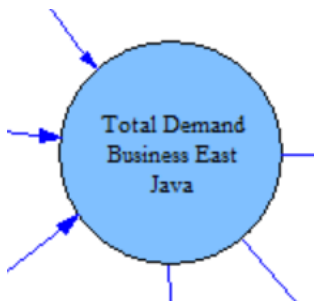
Tabel 4.79 Level Tarif B-3 Jatim

Nama	B-3 APJ Jatim	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in</i> B-3 APJ Jatim
Nilai Awal			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif B-3			
Ekuasi			
<i>Rate in</i> B-3 Jatim			

Tabel 4.80 Auxiliary Total Demand Bisnis Jatim

Nama	<i>Total Demand Business</i> Jatim	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	B-1, B-2, & B-3 East Java
Ekuasi			
B-1 East Java + B-2 East Java + B-3 East Java			

Pada Gambar 4.46 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor bisnis Jatim.



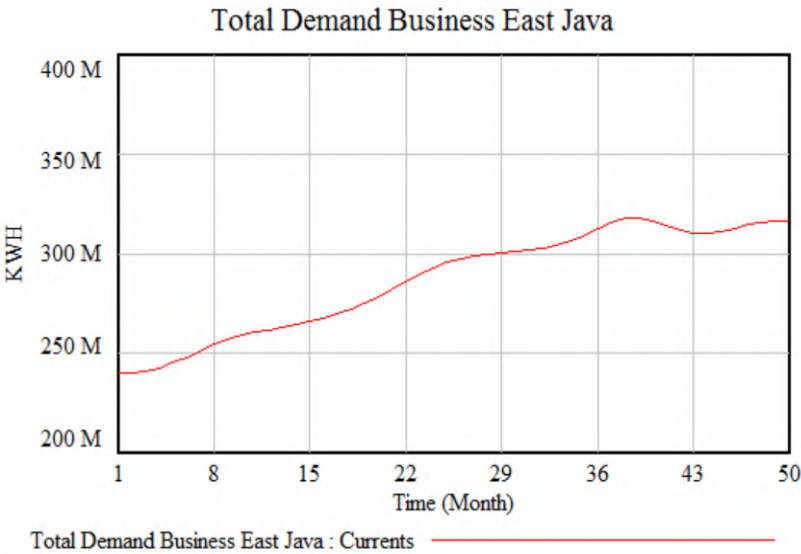
Gambar 4.46 Total Demand Bisnis Jatim

Pada Tabel 4.81 menjelaskan bahwa total *demand* bisnis APJ Jatim.

Tabel 4.81 Auxiliary Total Demand Bisnis Jatim

Nama	<i>Total Demand Business Jatim</i>	Satuan	kWh
Type	<i>Auxiliary</i>	Variabel	• <i>Total Demand Business East Java</i>
Ekuasi			
<i>Total Demand Business East Java</i>			

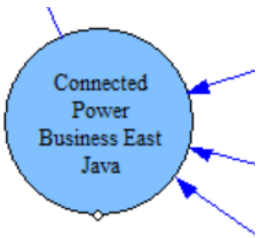
Berikut grafik hasil *base model* Jatim yang ditunjukkan pada Gambar 4.47.



Gambar 4.47 Grafik Base Model Total Demand Bisnis Jatim

4.6.7.2. Daya Langgan Sektor Bisnis Jatim

Pada Gambar 4.48 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor bisnis Jatim.



Gambar 4.48 Daya Langgan Bisnis Jatim

Pada Tabel 4.82 menjelaskan bahwa total daya langgan bisnis Jatim merupakan akumulasi dari Total daya langgan bisnis di area pelayanan Jawa Timur.

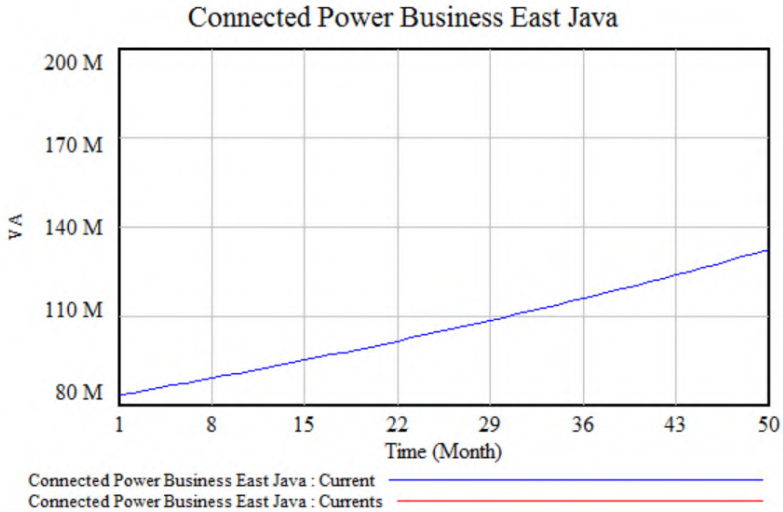
Tabel 4.82 Auxiliary Daya Langgan Bisnis Jatim

Nama	Connected Power Business Jatim	Satuan	VA
Tipe	Auxiliary	Variabel	• Connected Power Business East Java
Ekuasi			
Connected Power Business East Java			

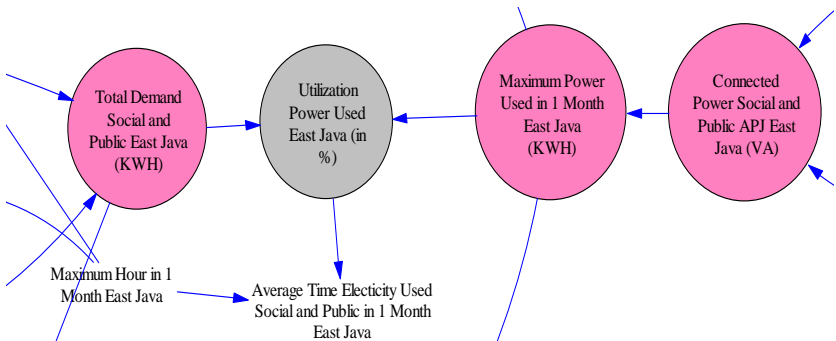
Berikut grafik hasil *base model* daya langgan Jatim yang ditunjukkan pada Gambar 4.49.

4.6.7.1. Persentase Penggunaan Listrik dari Maksimal Pemakaian Jatim

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Pada Gambar 4.50 merupakan *base model* dari utilisasi Jawa Timur.



Gambar 4.49 Grafik *Base Model* Daya Langgan Bisnis Jatim



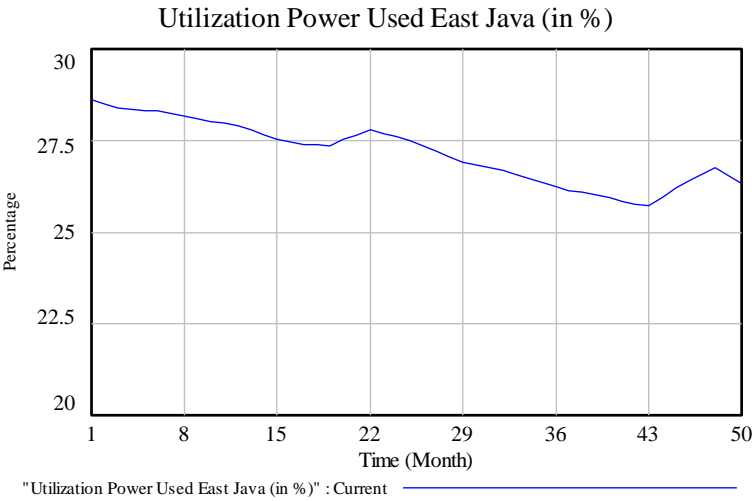
Gambar 4.50 Model Prosentase Penggunaan Daya Listrik Jawa Timur

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.83.

Pada Gambar 4.51 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik Jawa Timur.

Tabel 4.83 *Auxiliary* Utilisasi Penggunaan Daya Listrik Jatim

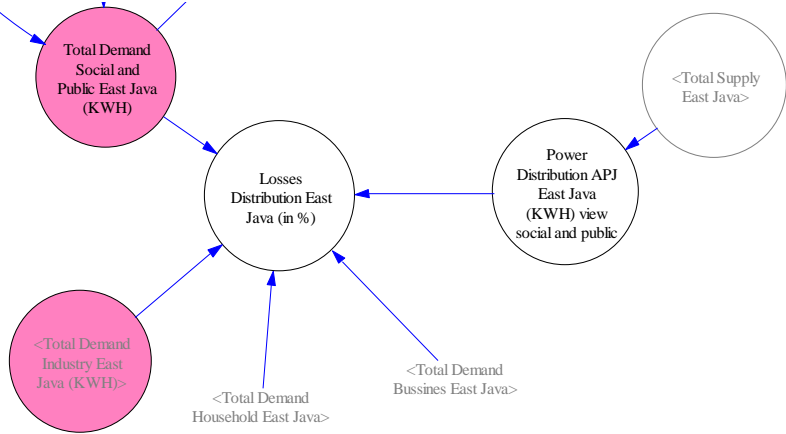
Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik Jatim	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• Penggunaan daya maksimal• <i>Demand</i> energi listrik terpakai
Ekuasi			
$Demand \text{ energi listrik terpakai} / \text{Penggunaan daya maksimal} \times 100\%$			



Gambar 4.51 Grafik Pemakaian Listrik Jatim

4.6.7.2. Persentase Kekurangan Daya Listrik Jatim

Supply listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.52 merupakan base model persentase kekurangan listrik di APJ Jatim.



Gambar 4.52 Kekurangan Daya Listrik Jatim

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka auxiliary kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8.

Persamaan 4.8 dimasukkan kedalam auxiliary kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.84.

Tabel 4.84 *Auxiliary* Kekurangan Daya Listrik Jatim

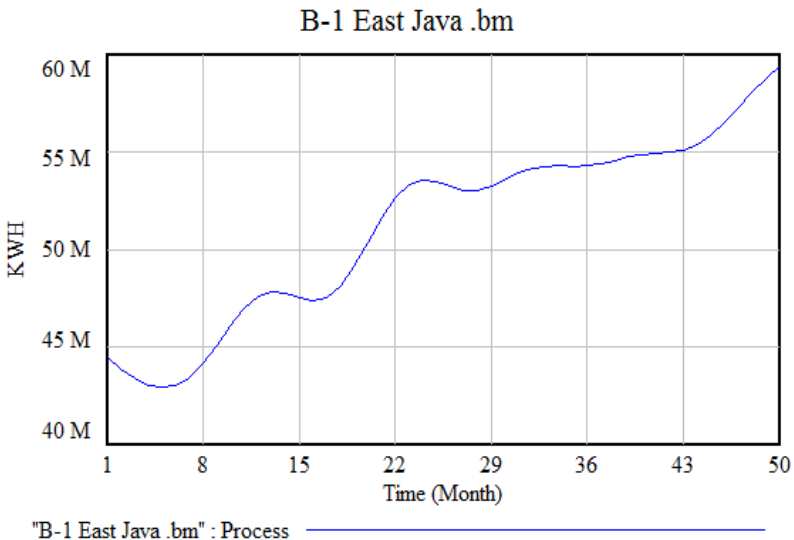
Nama	Kekurangan daya listrik Jatim	Satuan	Persen
Type	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none">• <i>Demand</i> di seluruh sektor• Distribusi Energi Listrik Maksimal
Ekuasi			
IF(<i>demand</i> >distribusi maksimal((<i>Demand</i> seluruh sektor - distribusi energi listrik maksimal) / distribusi energi listrik maksimal x 100%))			

4.7. Hasil Simulasi *Base Model*

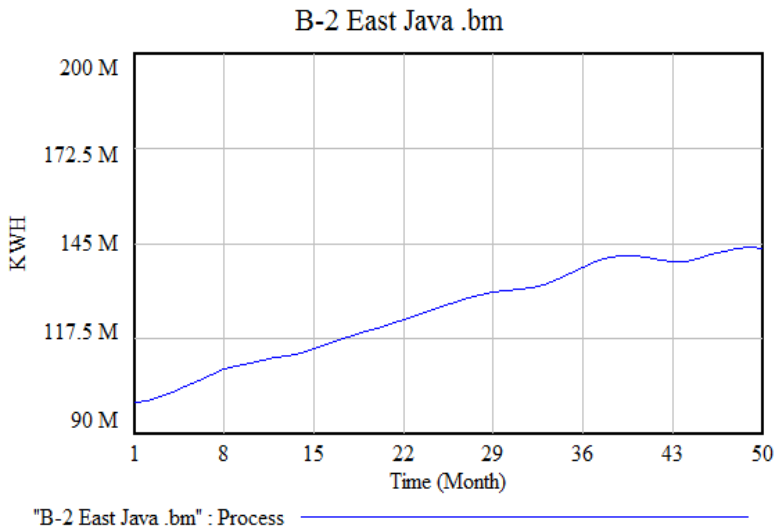
Setelah mengembangkan SFD maka langkah selanjutnya adalah mensimulasikan model pada kondisi saat ini, pada kasus tugas akhir ini adalah pada *time step* 1 sampai 50 atau dari Januari 2012 sampai Februari 2016.

Dikarenakan terlalu banyak grafik pada tiap variabel pada APJ BJB, APJ MJK, dan APJ SBU pada tiap tarif sektor bisnis maka pada buku ini yang akan ditampilkan hanya grafik dari simulasi *demand* tarif B-1, B-2, B-3, dan total seluruh *demand* total di Jawa Timur saja. Hasil grafik perbandingan hasil simulasi *demand* sektor bisnis dan data asli akan ditampilkan seluruhnya pada subbab uji validasi.

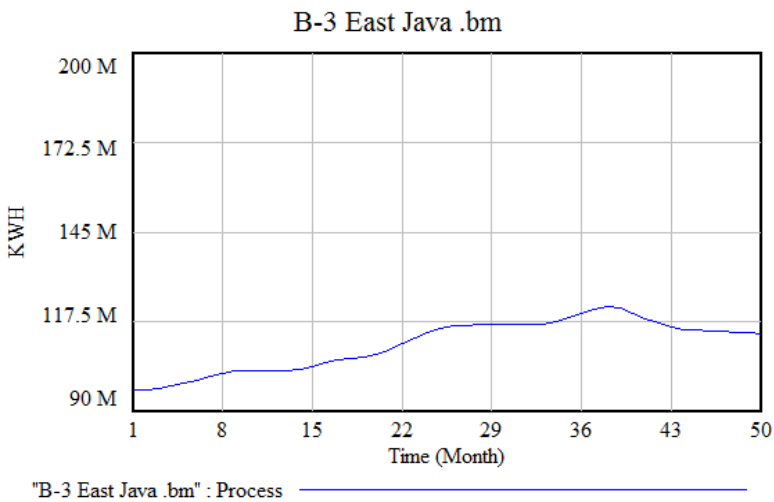
Gambar 4.53, 4.54, dan 4.55 berturut-turut menampilkan hasil grafik simulasi pertumbuhan *demand* energi listrik dari tarif B-1, B-2. Dan B-3 di Jawa Timur. Gambar 4.56 menampilkan hasil simulasi total *demand* sektor bisnis di Jawa Timur.



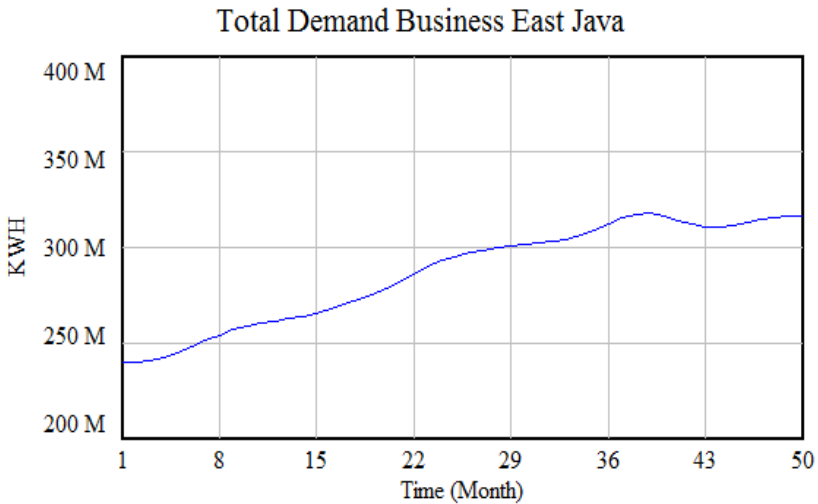
Gambar 4.53 Grafik *Demand* Tarif B-1 Jawa Timur



Gambar 4.54 Grafik *Demand* Tarif B-2 Jawa Timur



Gambar 4.55 Grafik *Demand* Tarif B-3 Jawa Timur



Total Demand Business East Java : Process

Gambar 4.56 Grafik Demand Total Sektor Bisnis Jawa Timur

4.8. Uji Validasi

Validasi merupakan proses penentuan apakah model konseptual simulasi atau *base model* benar-benar merupakan representasi akurat dari sistem aktual yang dimodelkan. Validasi model pada tugas akhir ini menggunakan pengujian *mean comparison* atau E1 dan *variance comparison* atau E2 seperti yang terdapat pada Persamaan 4.9 dan 4.10. Nilai dari E1 harus kurang dari sama dengan 5% dan E2 harus kurang dari sama dengan 30%. Hasil simulasi yang diuji adalah nilai dari *demand* sektor bisnis.

Ada 2 cara pengujian validasi, yaitu:

1) Perbandingan Rata-Rata (*Error Mean*)

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (4.9)$$

Dimana: \bar{S} = Nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = Nilai rata-rata data

2) Perbandingan Variasi Amplitudo (*Error Variance*)

$$E2 = \frac{|S_s - S_A|}{S_A} \quad (4.10)$$

Dimana: S_s = Standart deviasi model

S_A = Standart deviasi data

Time step yang dipakai pada pengujian di *base model* dari nilai 1, yaitu Januari 2012 sampai 50, yaitu Februari 2015. Validasi dilakukan pada tiap tarif dan total *demand* pada tiap APJ dan total di Jawa Timur.

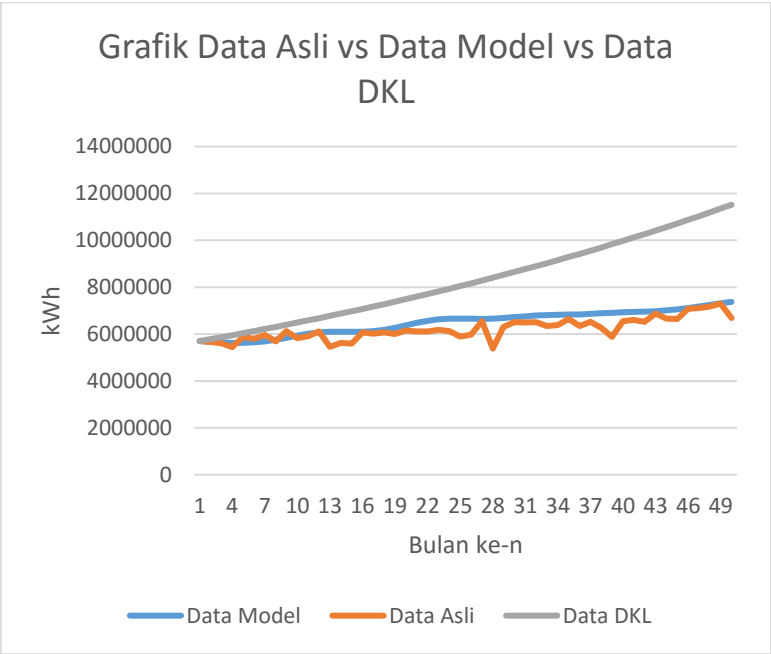
Total jumlah validasi *demand* sektor bisnis pada model ada 16 validasi. Subbab 4.8.1 menampilkan validasi tarif B-1. Subbab 4.8.2 menampilkan validasi tarif B-2. Subbab 4.8.3 menampilkan validasi tarif B-3. Terakhir, subbab 4.8.4 menampilkan validasi total *demand* sektor bisnis di Jawa Timur.

4.8.1. Validasi Tarif B-1

Tabel 4.85 menunjukkan hasil validasi tarif B-1 APJ BJJ dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.57.

Tabel 4.85 Hasil Validasi tarif B-1 APJ BJJ

Tarif B-1 APJ BJG	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	6.490.409	6.209.087
Standar Deviasi	517.485	465.346
E1	4,53%	
E2	11,20%	

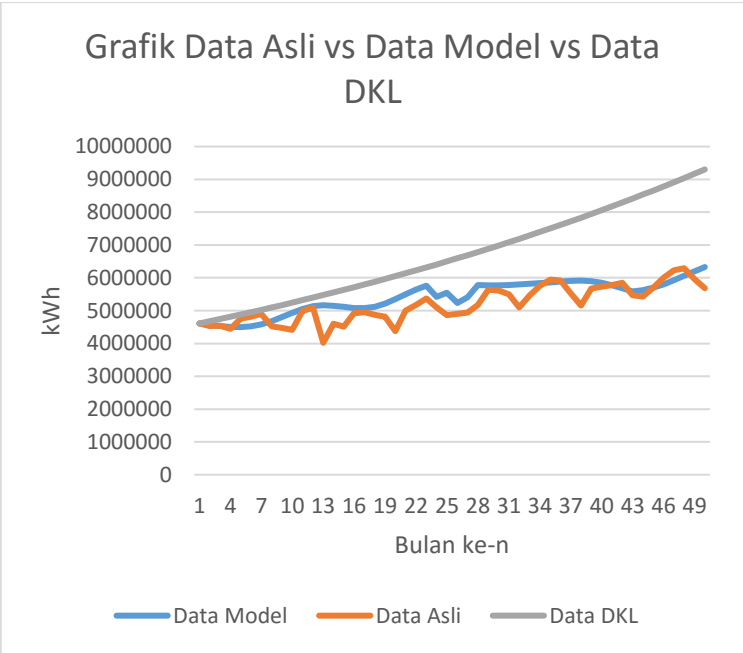


Gambar 4.57 Grafik Perbandingan Tarif B-1 APJ BJJ

Tabel 4.86 menunjukkan hasil validasi tarif B-1 APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.58.

Tabel 4.86 Hasil Validasi tarif B-1 APJ SBU

Tarif B-1 APJ SBU	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	5.415.061	5.180.724
Standar Deviasi	504.437	551.028
E1	4,52%	
E2	8,48%	

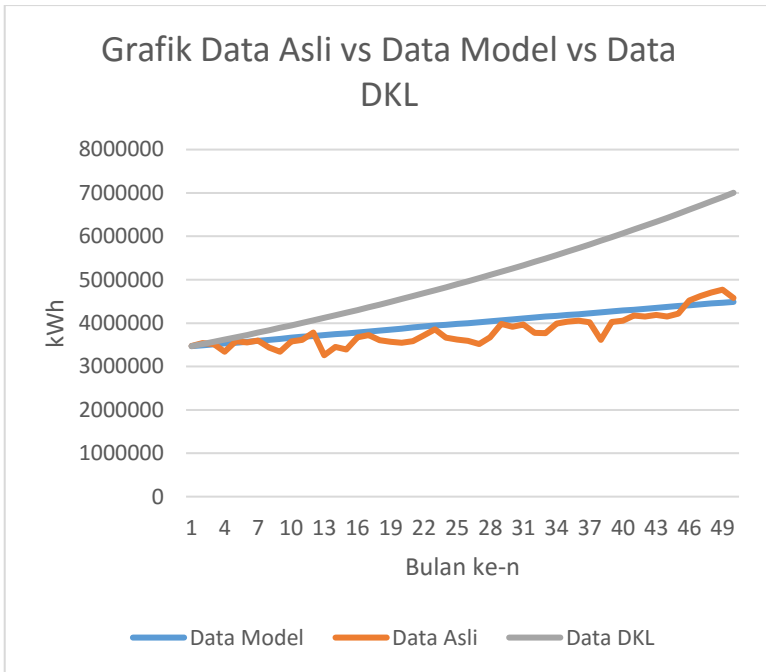


Gambar 4.58 Grafik Perbandingan Tarif B-1 APJ SBU

Tabel 4.87 menunjukkan hasil validasi tarif B-1 APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.59.

Tabel 4.87 Hasil Validasi tarif B-1 APJ MJK

Tarif B-1 APJ MJK	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	3.985.708	3.821.467
Standar Deviasi	305.726	370.906
E1	4,930%	
E2	17,57%	

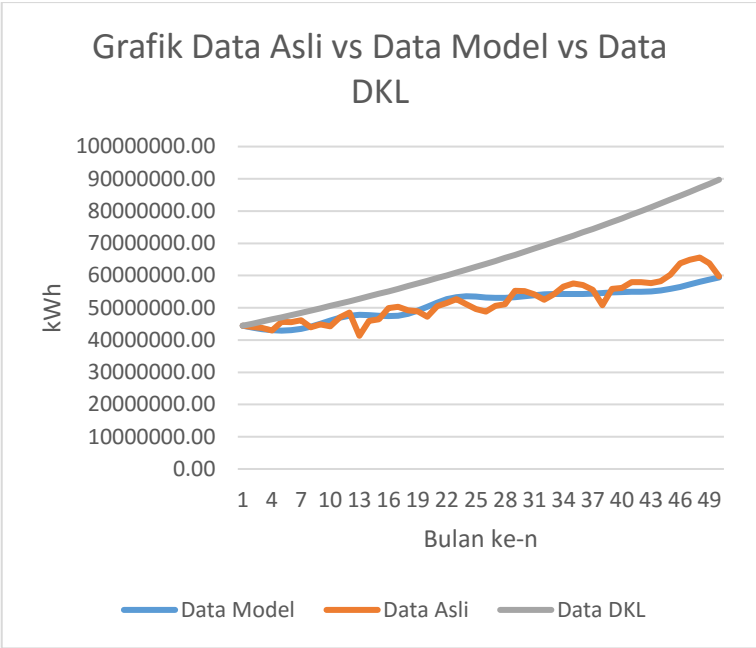


Gambar 4.59 Grafik Perbandingan Tarif B-1 APJ MJK

Tabel 4.88 menunjukkan hasil validasi tarif B-1 APJ Jawa Timur dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.60.

Tabel 4.88 Hasil Validasi tarif B-1 Jawa Timur

Tarif B-1 APJ Jawa Timur	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	51.200.557	51.932.270
Standar Deviasi	4.749.877	6.236.131
E1	1,41%	
E2	23,83%	



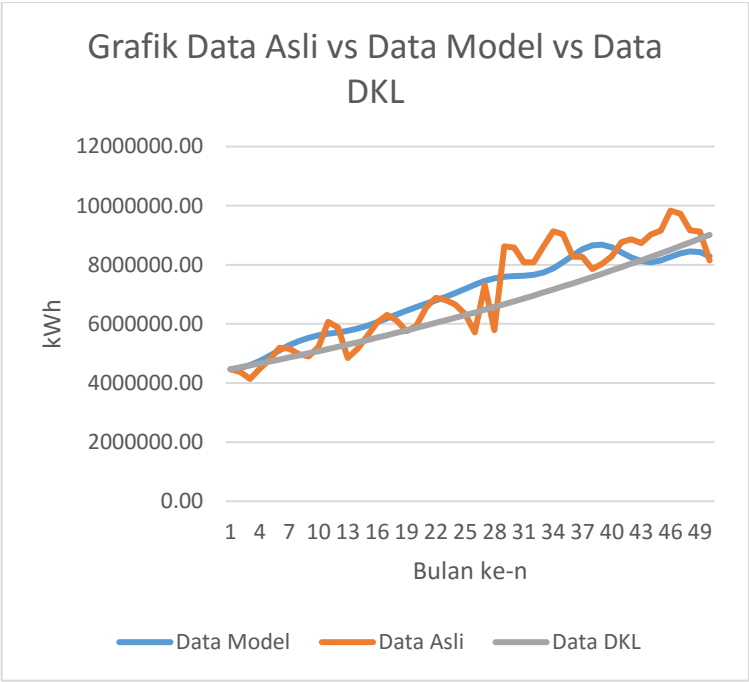
Gambar 4.60 Grafik Perbandingan Tarif B-1 Jawa Timur

4.8.2. Validasi Tarif B-2

Tabel 4.89 menunjukkan hasil validasi tarif B-2 APJ BJJ dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.61.

Tabel 4.89 Hasil Validasi tarif B-2 APJ BJJ

Tarif B-2 APJ BJJ	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	6.949.894	6.978.359
Standar Deviasi	1.311.895	1.701.220
E1	0,41%	
E2	22,89%	

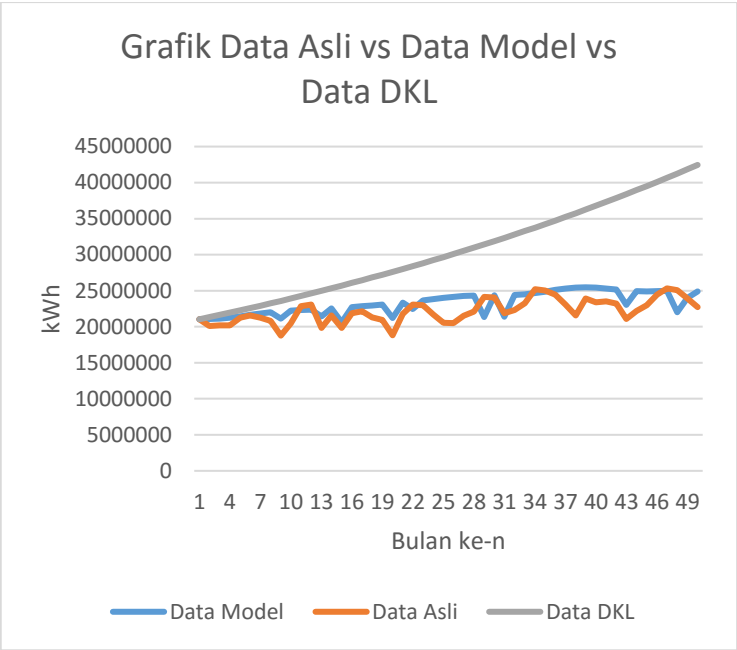


Gambar 4.61 Grafik Perbandingan Tarif B-2 APJ BJJ

Tabel 4.90 menunjukkan hasil validasi tarif B-2 APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.62.

Tabel 4.90 Hasil Validasi tarif B-2 APJ SBU

Tarif B-2 APJ SBU	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	23.265.755	22.178.171
Standar Deviasi	1.544.307	1.658.342
E1		4,90%
E2		6,88%

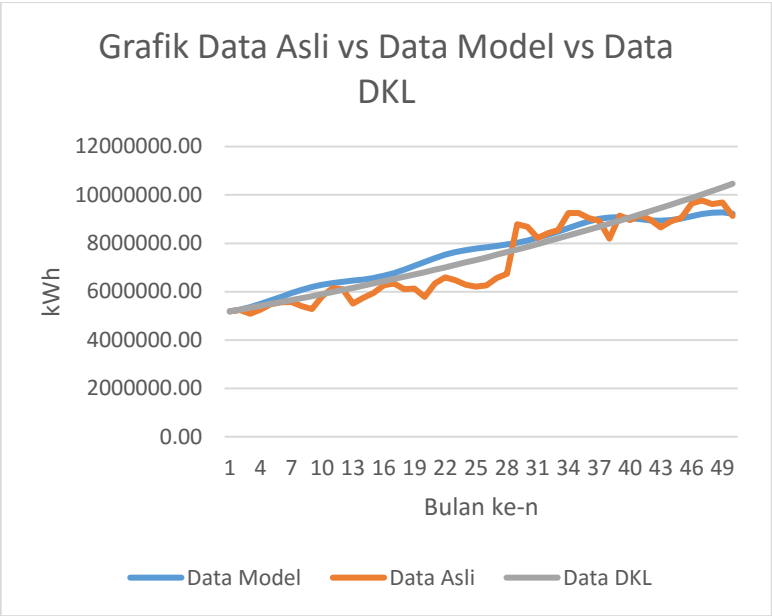


Gambar 4.62 Grafik Perbandingan tarif B-2 APJ SBU

Tabel 4.91 menunjukkan hasil validasi tarif B-2 APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.63.

Tabel 4.91 Hasil Validasi tarif B-2 APJ MJK

Tarif B-2 APJ MJK	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	7.610.602	7.268.571
Standar Deviasi	1.306.267	1.618.947
E1	4,71%	
E2	19,31%	

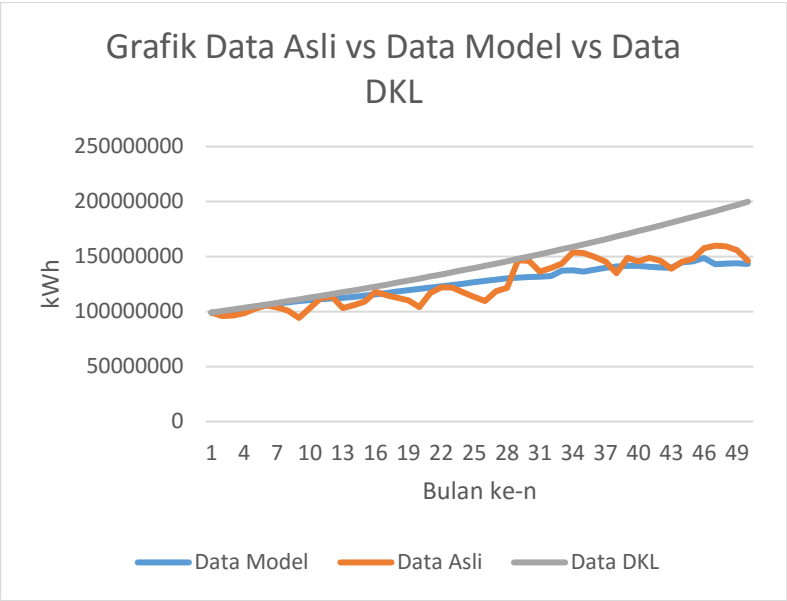


Gambar 4.63 Grafik Perbandingan tarif B-2 APJ MJK

Tabel 4.92 menunjukkan hasil validasi tarif B-2 Jawa Timur dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.64.

Tabel 4.92 Hasil Validasi tarif B-2 Jawa Timur

Tarif B-2 APJ MJK	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	125.619.596	125.888.585
Standar Deviasi	14.723.461	21.005.571
E1	0,21%	
E2	29,91%	



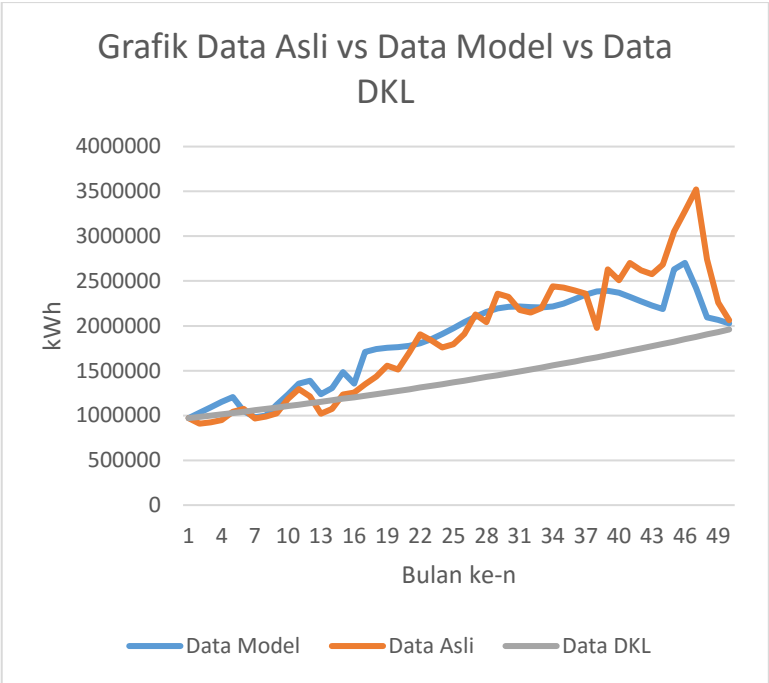
Gambar 4.64 Grafik Perbandingan tarif B-2 Jawa Timur

4.8.3. Validasi Tarif B-3

Tabel 4.93 menunjukkan hasil validasi tarif B-3 APJ BJJ dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.65.

Tabel 4.93 Hasil Validasi tarif B-3 APJ BJJ

Tarif B-3 APJ BJJ	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	1.835.726	1.869.628
Standar Deviasi	503.138	694.984
E1	1,81%	
E2	27,60%	

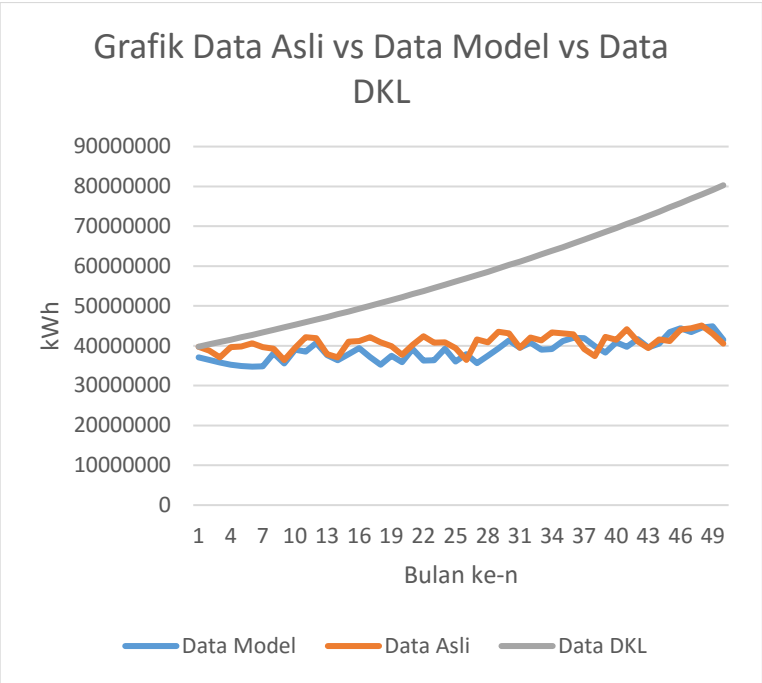


Gambar 4.65 Grafik Perbandingan tarif B-3 APJ BJJ

Tabel 4.94 menunjukkan hasil validasi tarif B-3 APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.66.

Tabel 4.94 Hasil Validasi tarif B-3 APJ SBU

Tarif B-3 APJ SBU	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	38.864.754	40.772.720
Standar Deviasi	2.730.922	2.110.428
E1	4,68%	
E2	29,40%	

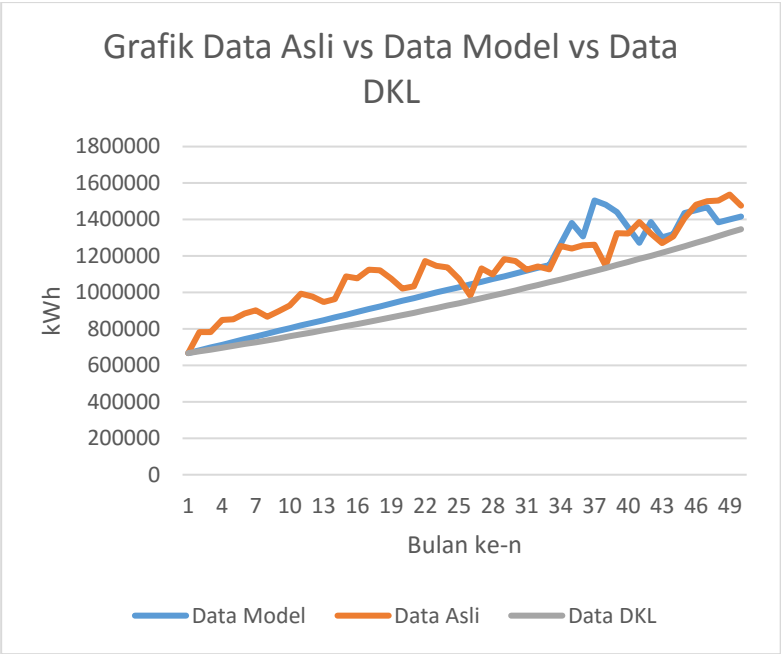


Gambar 4.66 Grafik Perbandingan tarif B-3 APJ SBU

Tabel 4.95 menunjukkan hasil validasi tarif B-3 APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.67.

Tabel 4.95 Hasil Validasi tarif B-3 APJ MJK

Tarif B-3 APJ MJK	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	1.037.844	1.126.350
Standar Deviasi	221.328	207.340
E1	4,91%	
E2	25,66%	

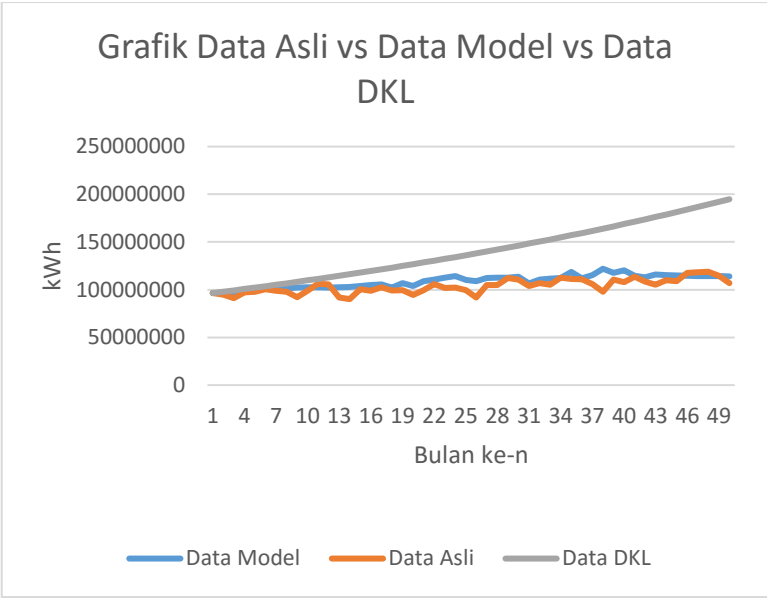


Gambar 4.67 Grafik Perbandingan tarif B-3 APJ MJK

Tabel 4.96 menunjukkan hasil validasi tarif B-3 Jawa Timur dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.68.

Tabel 4.96 Hasil Validasi tarif B-3 Jawa Timur

Tarif B-3 APJ Jawa Timur	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	108.815.425	103.643.813
Standar Deviasi	6.683.671	7.387.799
E1	4,99%	
E2	9,53%	



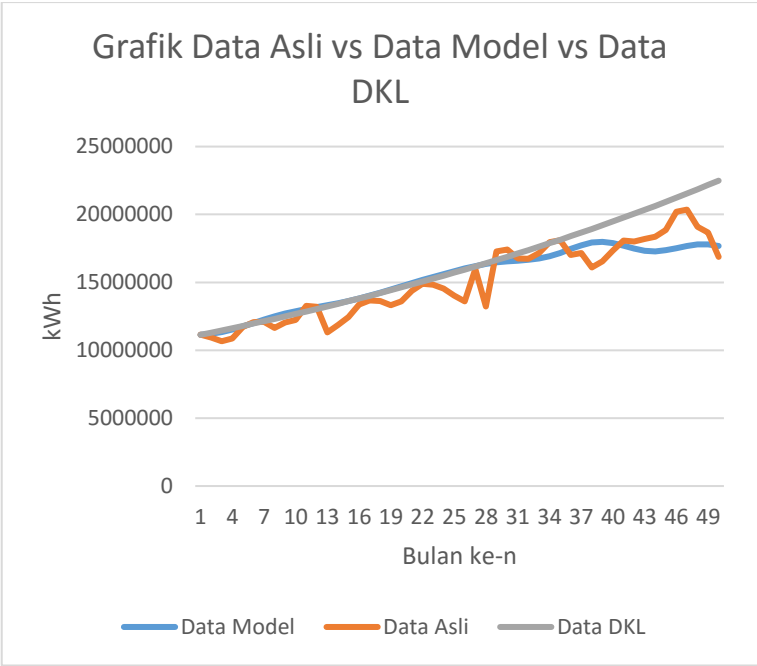
Gambar 4.68 Grafik Perbandingan tarif B-3 Jawa Timur

4.8.4. Validasi Tarif Total Demand Bisnis

Tabel 4.97 menunjukkan hasil validasi *demand* sektor bisnis APJ BJG dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.69.

Tabel 4.97 Hasil Validasi *Demand* Bisnis APJ BJG

APJ BJG	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	15.287.538	15.057.074
Standar Deviasi	2.230.915	2.784.052
E1	1,53%	
E2	19,87%	

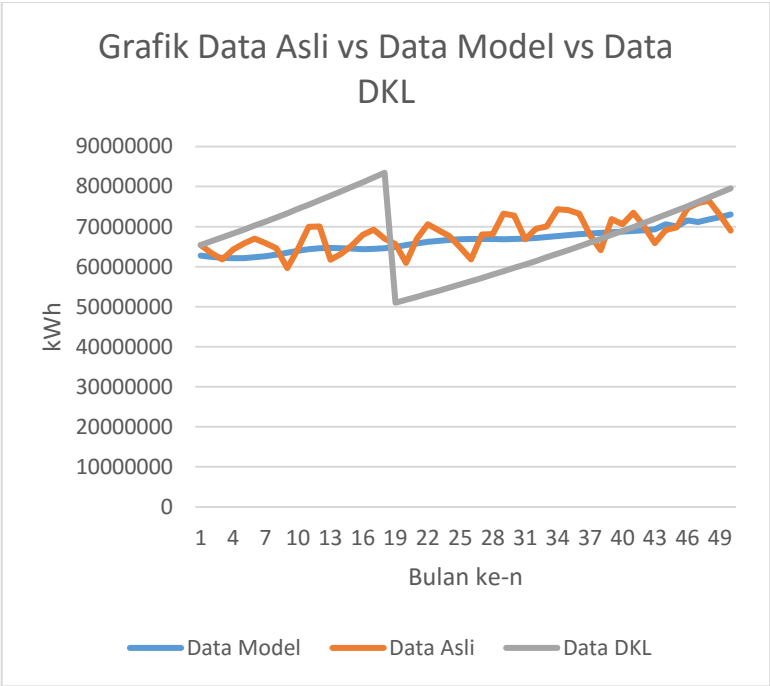


Gambar 4.69 Grafik Perbandingan Demand Bisnis APJ BJJ

Tabel 4.98 menunjukkan hasil validasi *demand* sektor bisnis APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.70.

Tabel 4.98 Hasil Validasi Demand Bisnis APJ SBU

APJ SBU	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	66.552.080	68.131.615
Standar Deviasi	2.888.395	4.096.988
E1	2,32%	
E2	29,50%	

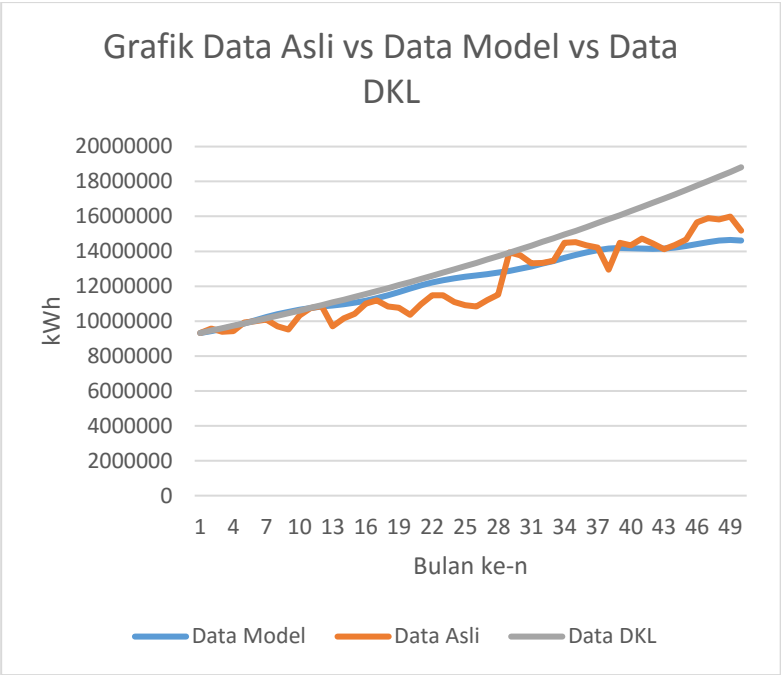


Gambar 4.70 Grafik Perbandingan Demand Bisnis APJ SBU

Tabel 4.99 menunjukkan hasil validasi *demand* sektor bisnis APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.71.

Tabel 4.99 Hasil Validasi Demand Bisnis APJ MJK

APJ MJK	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	12.377.169	12.216.389
Standar Deviasi	1.676.603	2.145.722
E1	1,32%	
E2	21,86%	

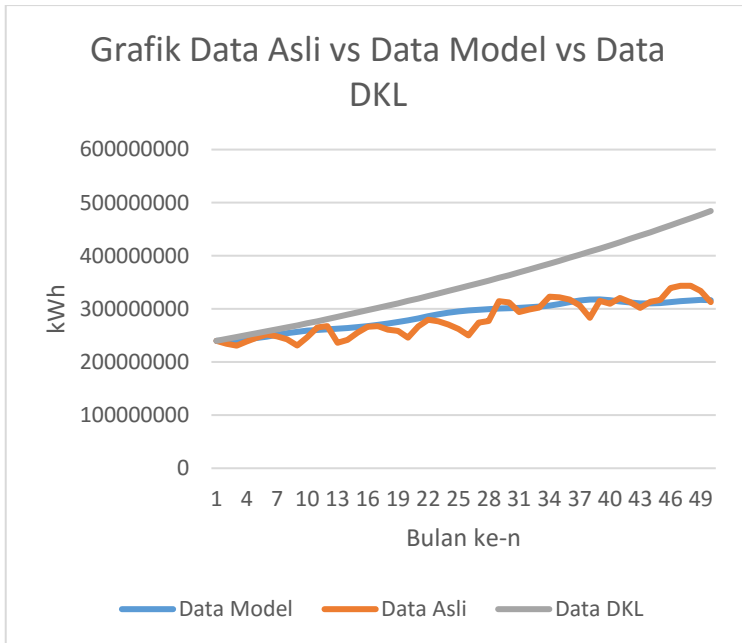


Gambar 4.71 Grafik Perbandingan Demand Bisnis APJ MJK

Tabel 4.100 menunjukkan hasil validasi *demand* sektor bisnis Jawa Timur dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada gambar 4.72.

Tabel 4.100 Hasil Validasi Demand Bisnis Jawa Timur

APJ Jawa Timur	Data Simulasi (kWh)	Data Asli (kWh)
Rata-rata	286.827.648	281.464.668
Standar Deviasi	26.218.165	33.838.444
E1	1,91%	
E2	22,52%	



Gambar 4.72 Grafik Perbandingan *Demand* Bisnis Jawa Timur

4.9. Pengembangan Skenario

Skenario dikembangkan untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja dari sistem. Skenario juga memungkinkan untuk membandingkan hasil dari beberapa kemungkinan yang terjadi di masa depan. *Time bounds* skenario model pada simulasi dinamis perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur 1 sampai 50 dengan satuan waktu atau *time step* bulan. Simulasi pada skenario dimulai dari Januari 2014 sampai Februari 2018 selama 50 bulan.

Dalam tugas akhir ini, skenario dibedakan menjadi tiga Skenario yaitu :

1) Skenario *Most Likely*

Skenario ini dikembangkan dengan mensimulasikan model *base model* tanpa adanya perubahan parameter ataupun struktur dari sistem.

2) Skenario Optimis

Skenario ini dikembangkan dengan menaikkan pertumbuhan PDRB terhadap kenaikan listrik. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik dinaikkan 0.5% tiap bulannya atau sama dengan 6% untuk 1 tahun.

3) Skenario Pesimis

Skenario ini dikembangkan dengan menurunkan pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan listrik. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik diturunkan sebesar 0.5% tiap bulannya atau sama dengan 6% untuk 1 tahun.

Skenario dilakukan pada tarif B-1, B-2, B-3, dan *demand* bisnis total pada tiap APJ, yaitu APJ BJB, MJK, dan SBU serta di Jawa Timur.

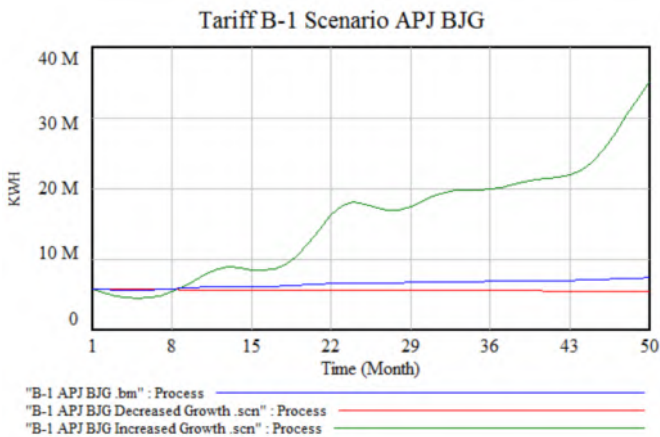
Tabel 4.101 Time Bound pada skenario model

Variabel	Nilai	Keterangan
<i>Initial Time</i>	1	Waktu awal simulasi yaitu bulan Januari 2012
<i>Final Time</i>	50	Waktu akhir simulasi yaitu 50 artinya bulan Februari 2018
<i>Save Result</i>	<i>Every Time Step</i>	Penyimpanan hasil dilakukan setiap <i>time step</i>
<i>Unit</i>	<i>Month</i>	Per satu <i>time step</i> memiliki satuan bulan

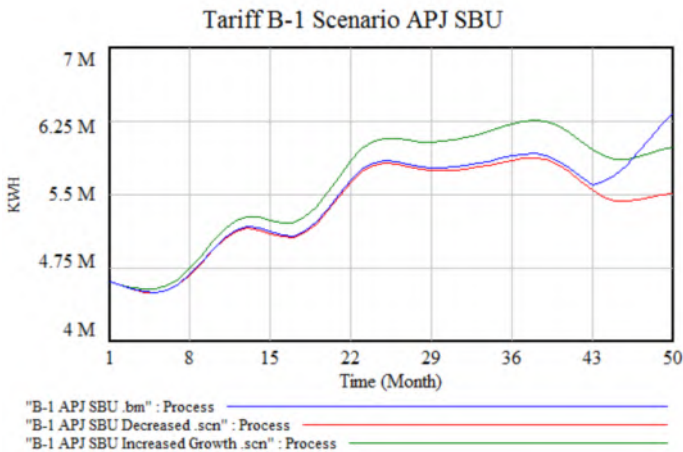
4.9.1. Skenario Tarif B-1

Pada subbab ini, akan dipaparkan bagaimana grafik skenario tarif B-1 dari tiga APJ yaitu APJ BJB sesuai Gambar 4.73, APJ SBU sesuai Gambar 4.74, dan APJ MJK sesuai Gambar 4.75, serta

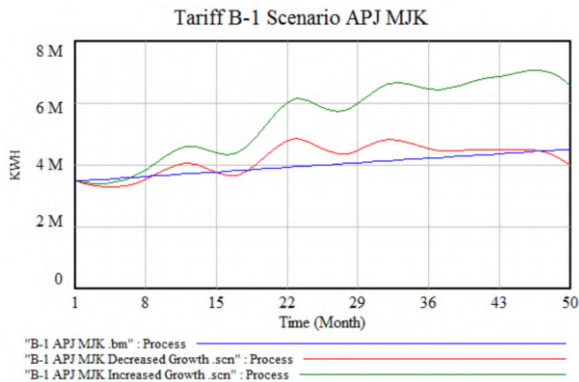
satu grafik untuk tarif B-1 Jawa Timur secara keseluruhan sesuai Gambar 4.76. *Axis X* merupakan keterangan waktu yaitu bulan 1-50, sedangkan *axis Y* merupakan proyeksi *demand* energi listrik dalam satuan KWH. Skenario optimis pada grafik berwarna merah, skenario *most likely* berwarna biru, dan skenario pesimis berwarna hijau pada grafik.



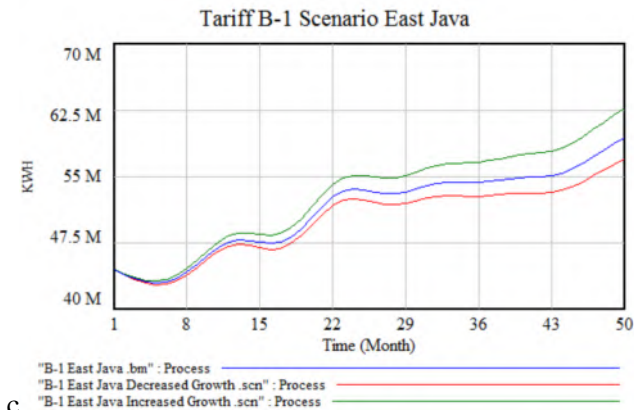
Gambar 4.73 Skenario Tarif B-1 APJ BJJ



Gambar 4.74 Skenario Tarif B-1 APJ SBU



Gambar 4.75 Skenario Tarif B-1 APJ MJK



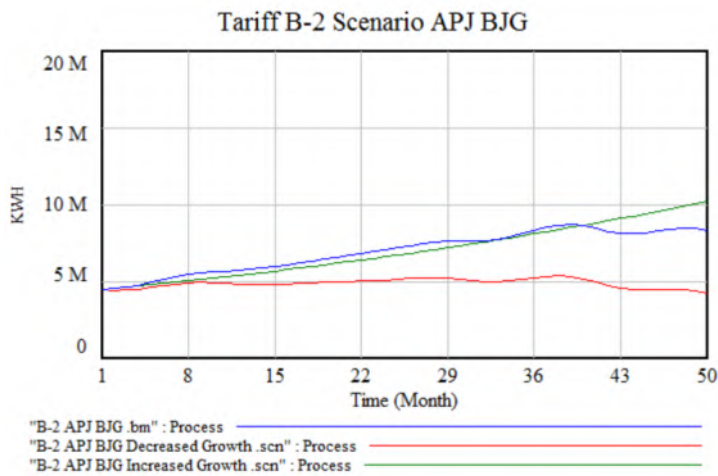
C

Gambar 4.76 Skenario Tarif B-1 Jawa Timur

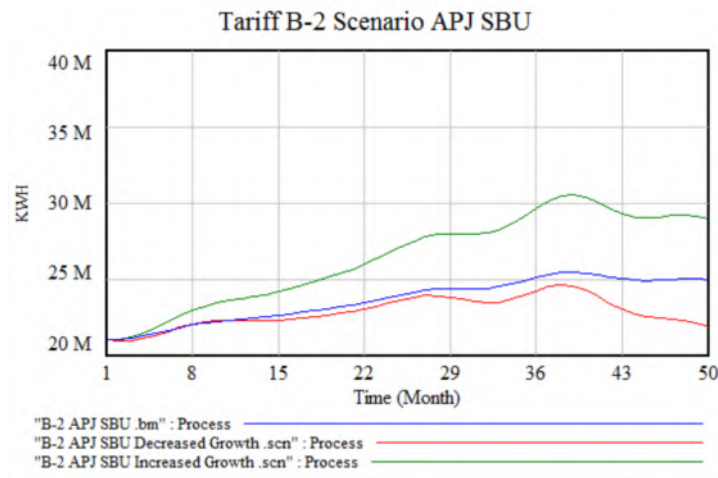
4.9.2. Skenario Tarif B-2

Pada subbab ini, akan dipaparkan bagaimana grafik skenario tarif B-2 dari tiga APJ yaitu APJ BJB sesuai Gambar 4.77, APJ SBU sesuai Gambar 4.78, dan APJ MJK sesuai Gambar 4.79, serta satu grafik untuk tarif B-2 Jawa Timur secara keseluruhan sesuai Gambar 4.80. *Axis X* merupakan keterangan waktu yaitu bulan 1-50, sedangkan *axis Y* merupakan proyeksi *demand* energi listrik

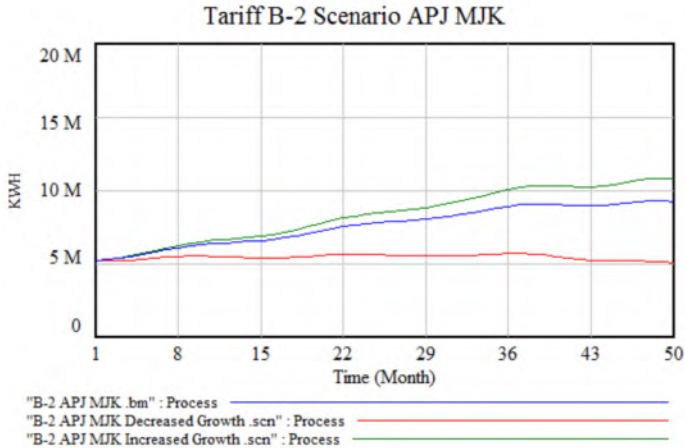
dalam satuan KWH. Skenario optimis pada grafik berwarna merah, skenario *most likely* berwarna biru, dan skenario pesimis berwarna hijau pada grafik.



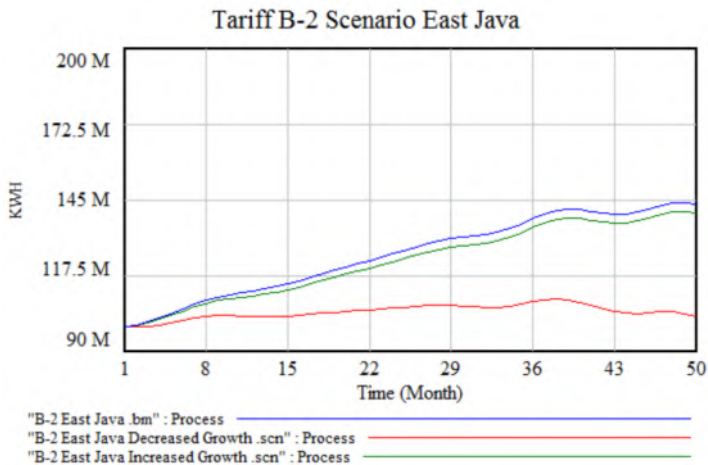
Gambar 4.77 Skenario Tarif B-2 APJ BJG



Gambar 4.78 Skenario Tarif B-2 APJ SBU



Gambar 4.79 Skenario Tarif B-2 APJ MJK

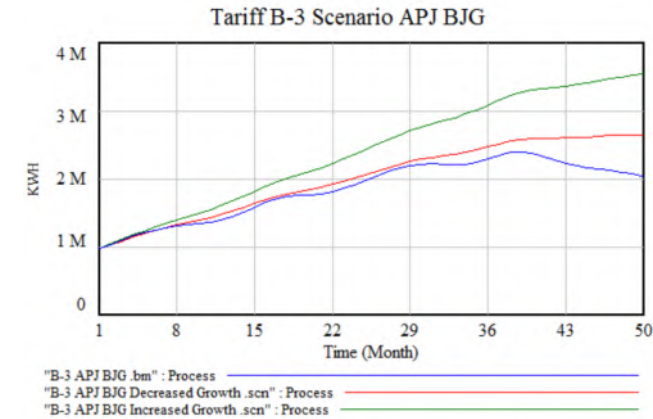


Gambar 4.80 Skenario Tarif B-2 Jawa Timur

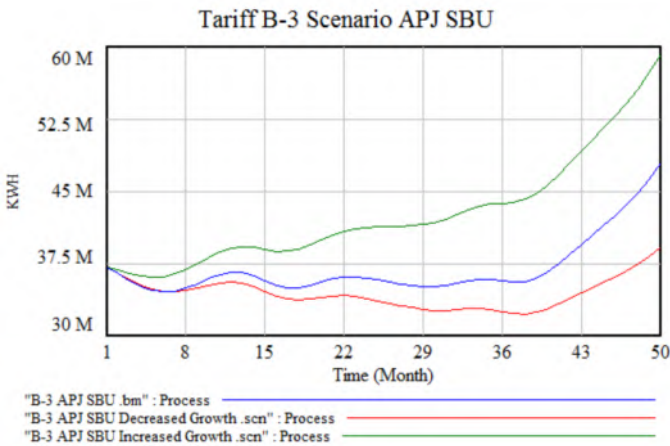
4.9.3. Skenario Tarif B-3

Pada subbab ini, akan dipaparkan bagaimana grafik skenario tarif B-3 dari tiga APJ yaitu APJ BJB sesuai Gambar 4.81, APJ SBU sesuai Gambar 4.82, dan APJ MJK sesuai Gambar 4.83, serta

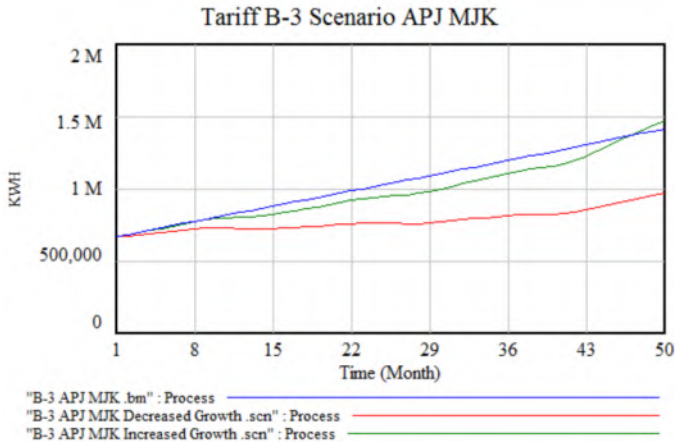
satu grafik untuk tarif B-3 Jawa Timur secara keseluruhan sesuai Gambar 4.84. *Axis X* merupakan keterangan waktu yaitu bulan 1-50, sedangkan *axis Y* merupakan proyeksi *demand* energi listrik dalam satuan KWH. Skenario optimis pada grafik berwarna merah, skenario *most likely* berwarna biru, dan skenario pesimis berwarna hijau pada grafik.



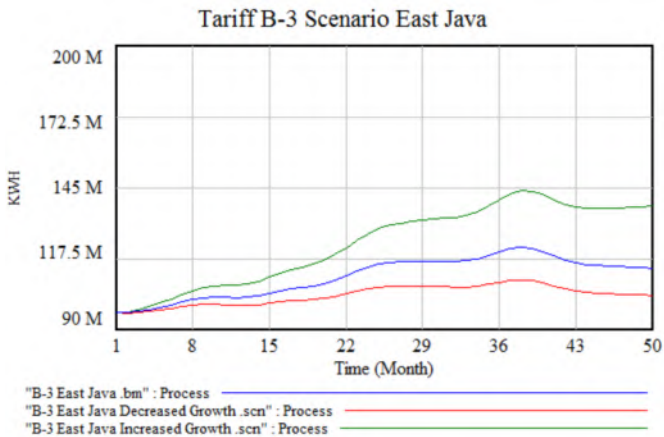
Gambar 4.81 Skenario Tarif B-3 APJ BJJ



Gambar 4.82 Skenario Tarif B-3 APJ SBU



Gambar 4.83 Skenario Tarif B-3 APJ MJK

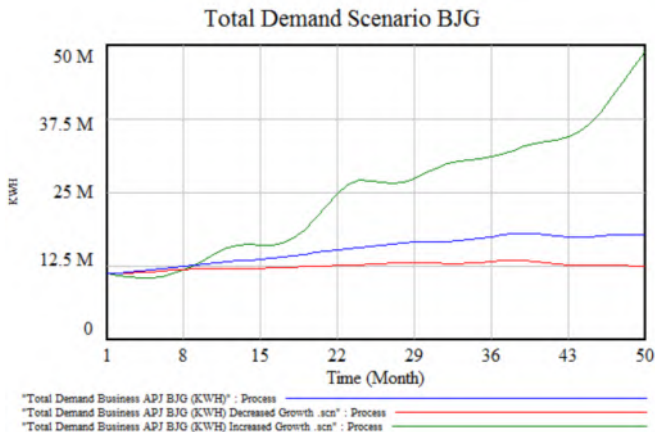


Gambar 4.84 Skenario Tarif B-3 Jawa Timur

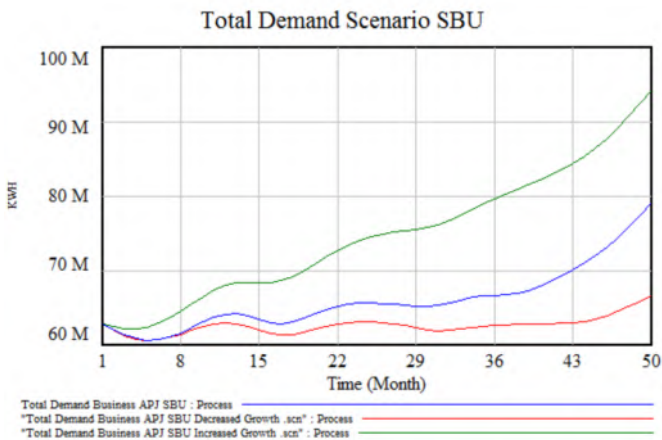
4.9.4. Skenario Tarif *Demand* Total Jawa Timur

Pada subbab ini, akan dipaparkan bagaimana grafik skenario tarif *demand* total dari tiga APJ yaitu APJ BJB sesuai Gambar 4.85, APJ SBU sesuai Gambar 4.86, dan APJ MJK sesuai

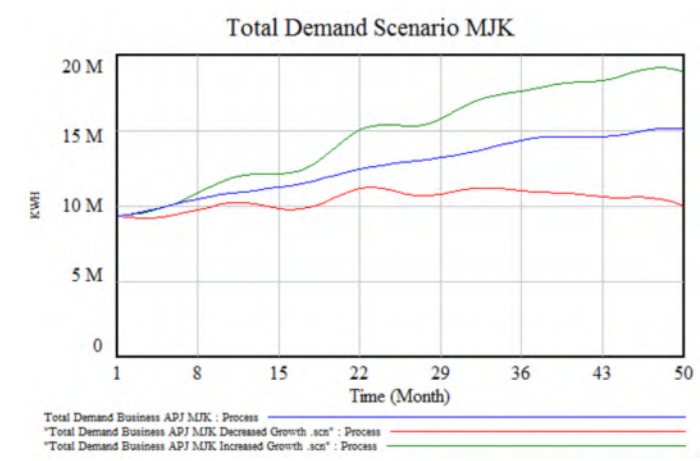
Gambar 4.87, serta satu grafik untuk tarif total Jawa Timur secara keseluruhan sesuai Gambar 4.88. *Axis X* merupakan keterangan waktu yaitu bulan 1-50, sedangkan *axis Y* merupakan proyeksi *demand* energi listrik dalam satuan KWH. Skenario optimis pada grafik berwarna merah, skenario *most likely* berwarna biru, dan skenario pesimis berwarna hijau pada grafik.



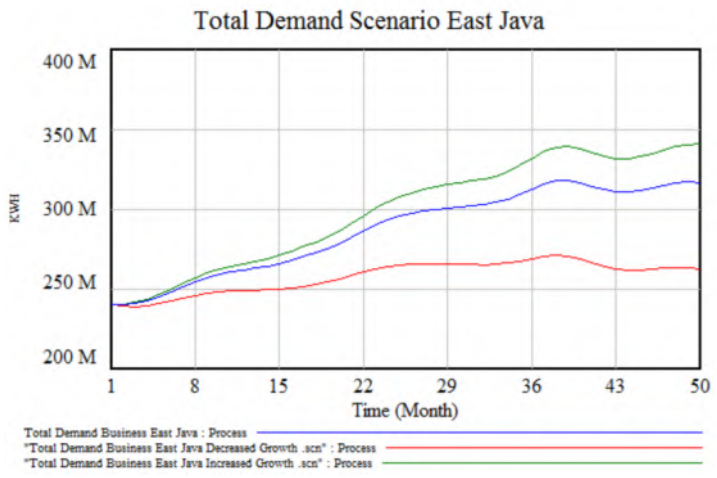
Gambar 4.85 Skenario Tarif Total APJ BJJ



Gambar 4.86 Skenario Tarif Total APJ SBU



Gambar 4.87 Skenario Tarif Total APJ MJK



Gambar 4.88 Skenario Tarif Total Jawa Timur

4.10. Pembahasan Skenario

Pada Subbab ini akan dibahas hasil dari skenario yang telah dilakukan pada tiap-tiap Area Pelayanan Jaringan (APJ).

4.10.1. Pembahasan Skenario APJ BJB

Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.127 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan APJ Bojonegoro untuk sektor bisnis.

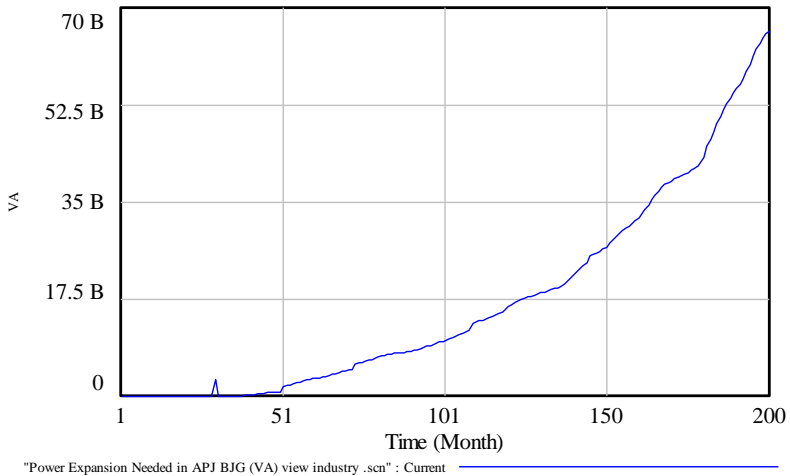
Tabel 4.102 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ BJB

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
B-1	<i>Most Likely</i>	0,533%	6,632%
	<i>Increased</i>	0,829%	9,946%
	<i>Decreased</i>	0,306%	3,677%
B-2	<i>Most Likely</i>	0,069%	0,824%
	<i>Increased</i>	0,443%	5,316%
	<i>Decreased</i>	-0,006%	-0,075%
B-3	<i>Most Likely</i>	0,183%	2,196%
	<i>Increased</i>	0,514%	6,167%
	<i>Decreased</i>	0,056%	0,672%
Total	<i>Most Likely</i>	0,347%	4,166%
	<i>Increased</i>	0,686%	8,233%
	<i>Decreased</i>	0,169%	2,027%

Pertumbuhan *demand* sektor bisnis dan sektor lainnya menyebabkan gardu induk PLN suatu saat tidak akan mampu lagi memenuhi kebutuhan energi listrik pelanggan.

Gambar 4.89 menjelaskan pada *time step* 45 atau pada sekitar September 2015 *supply* di APJ BJB sudah tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik pelanggan, penanganan sementara yang dilakukan PLN adalah memasok kebutuhan energi listrik tambahan dari gardu induk di APJ sekitar APJ BJB. Sedangkan pada *time step* 200 atau Agustus 2028 terjadi kenaikan tajam hampir 70 miliar VA *supply* tambahan yang dibutuhkan pada APJ BJB, hal ini dikarenakan pesatnya kenaikan kebutuhan dan daerah Bojonegoro dengan tumbuhnya perekonomian lebih baik. Hal ini juga selaras dengan ketersediaan lahan yang masih banyak untuk perindustrian

dan sektor lainnya yang menunjang perekonomian yang terus tumbuh.



Gambar 4.89 Skenario Supply APJ BJB

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa:

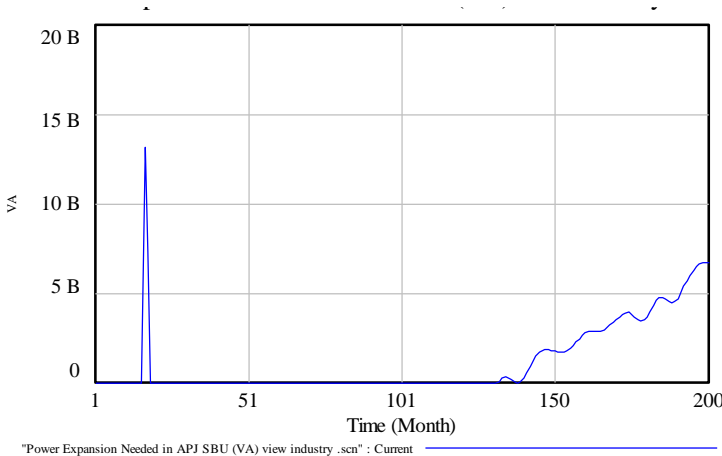
1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor bisnis pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 8,233% per tahun atau setara dengan 0.686% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor bisnis pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 2.027% per tahun atau setara dengan 0.169% per bulan.
3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor bisnis pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 4.166% per tahun atau setara dengan 0.347% per bulan.

4.10.2. Pembahasan Skenario APJ SBU

Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.103 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan APJ Surabaya Utara untuk sektor bisnis.

Tabel 4.103 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ SBU

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
B-1	<i>Most Likely</i>	0,067%	0,807%
	<i>Increased</i>	0,442%	5,299%
	<i>Decreased</i>	-0,008%	-0,092%
B-2	<i>Most Likely</i>	0,321%	3,853%
	<i>Increased</i>	0,629%	7,544%
	<i>Decreased</i>	0,149%	1,787%
B-3	<i>Most Likely</i>	0,015%	0,176%
	<i>Increased</i>	0,389%	4,688%
	<i>Decreased</i>	-0,060%	-0,723%
Total	<i>Most Likely</i>	0,218%	2,615%
	<i>Increased</i>	0,574%	6,885%
	<i>Decreased</i>	0,065%	0,776%



Gambar 4.90 Skenario Supply APJ SBU

Pada APJ SBU dikarenakan daerah metropolis dikarenakan kenaikan kebutuhan listrik yang tidak terlalu pesat sehingga *supply* tambahan baru dari gardu induk diperlukan pada sekitar 2022 atau

time step 130 yang ditunjukkan pada Gambar 4.90. Sedangkan pada Agustus 2028 hanya dibutuhkan sekitar 7 miliar VA *supply* tambahan. Pada *time step* 16 sendiri terjadi anomali kebutuhan energi listrik di sektor industri, yaitu kenaikan 10 kali lipat kebutuhan energi listrik di sektor industri, sehingga penanganan sementara adalah penambahan pasokan dari gardu induk pada APJ di sekitar APJ SBU.

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa:

1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Surabaya Utara mengalami peningkatan sebesar 6.885% per tahun atau setara dengan 0.574% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Surabaya Utara mengalami peningkatan sebesar 0.776% per tahun atau setara dengan 0.065% per bulan.
3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Surabaya Utara mengalami peningkatan sebesar 2.615% per tahun atau setara dengan 0.218% per bulan.

4.10.3. Pembahasan Skenario APJ MJK

Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.104 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan APJ Mojokerto untuk sektor bisnis.

Gambar 4.91 menjelaskan pada *time step* 58 atau akan terjadi pada sekitar Oktober 2016 *supply* di APJ MJK sudah tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik pelanggan. Pada Agustus 2028 diperlukan ekspansi daya listrik sekitar 30 miliar VA untuk memasok kebutuhan energi listrik pelanggan di APJ MJK.

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa:

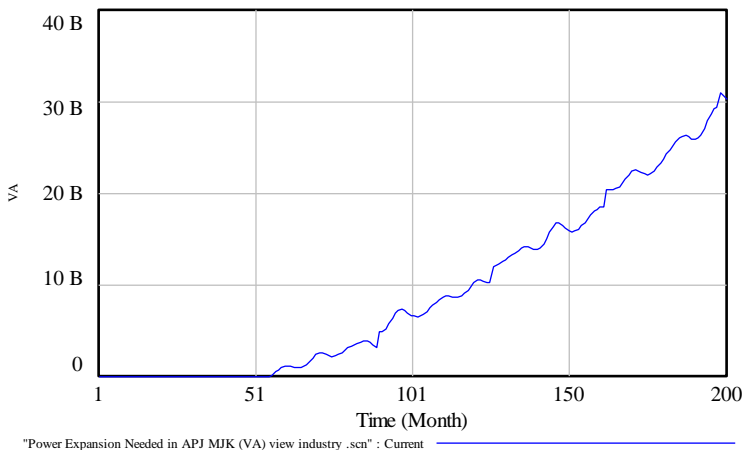
1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Mojokerto mengalami peningkatan sebesar 7.295% per tahun atau setara dengan 0.608% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Mojokerto mengalami peningkatan sebesar 1.238% per tahun atau setara dengan 0.103% per bulan.
3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Mojokerto mengalami peningkatan sebesar 3.135% per tahun atau setara dengan 0.261% per bulan

Tabel 4.104 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ MJK

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
B-1	<i>Most Likely</i>	0,432%	5,184%
	<i>Increased</i>	0,725%	8,705%
	<i>Decreased</i>	0,167%	2,007%
B-2	<i>Most Likely</i>	-0,656%	-7,868%
	<i>Increased</i>	-0,001%	-0,011%
	<i>Decreased</i>	-0,240%	-2,879%
B-3	<i>Most Likely</i>	0,045%	0,543%
	<i>Increased</i>	0,420%	5,036%
	<i>Decreased</i>	-0,030%	-0,355%
Total	<i>Most Likely</i>	0,261%	3,135%
	<i>Increased</i>	0,608%	7,295%
	<i>Decreased</i>	0,103%	1,238%

4.10.4. Pembahasan Skenario Jawa Timur

Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.105 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan APJ Jawa Timur untuk sektor bisnis.



Gambar 4.91 Skenario Supply APJ MJK

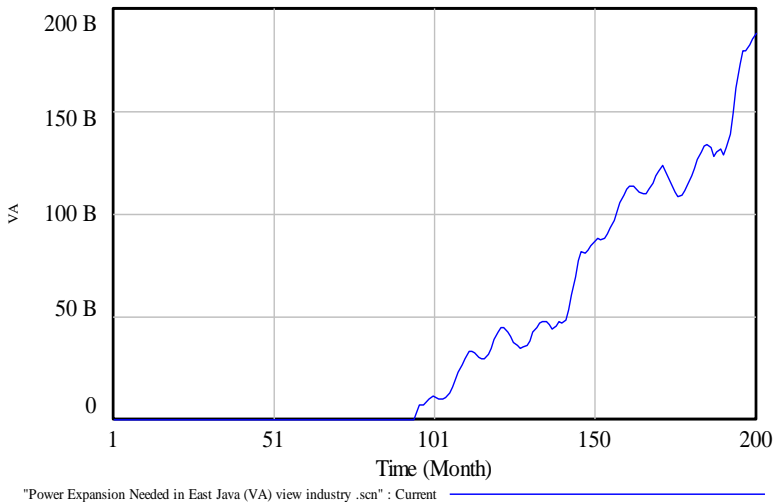
Tabel 4.105 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik Jatim

Tariff	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
B-1	<i>Most Likely</i>	0,336%	4,029%
	<i>Increased</i>	0,639%	7,666%
	<i>Decreased</i>	0,060%	0,723%
B-2	<i>Most Likely</i>	0,272%	3,267%
	<i>Increased</i>	0,590%	7,077%
	<i>Decreased</i>	0,093%	1,116%
B-3	<i>Most Likely</i>	0,050%	0,605%
	<i>Increased</i>	0,425%	5,097%
	<i>Decreased</i>	0,013%	0,156%
Total	<i>Most Likely</i>	0,298%	3,572%
	<i>Increased</i>	0,623%	7,480%
	<i>Decreased</i>	0,073%	0,879%

Gambar 4.92 menjelaskan secara keseluruhan di Jawa Timur pada *time step* 95 atau akan terjadi pada sekitar akhir tahun

2019 *supply* di Jawa Timur sudah tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik pelanggan.

Pada Agustus 2028 diperlukan ekspansi daya listrik hampir 200 miliar VA untuk memasok kebutuhan energi listrik pelanggan di seluruh Jawa Timur.



Gambar 4.92 Skenario *Supply* Jawa Timur

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa:

1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada Jawa Timur mengalami peningkatan sebesar 7.480% per tahun atau setara dengan 0.623% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada Jawa Timur mengalami peningkatan sebesar 0.879% per tahun atau setara dengan 0.073% per bulan.
3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada Jawa Timur mengalami peningkatan sebesar 3.572% per tahun atau setara dengan 0.298% per bulan.

4.11. Analisis Perbandingan Simulasi Dinamis dengan Metode DKL 3.2

Analisis perbandingan simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2 dengan membandingkan *error mean comparison* (E1) dan *error variance comparison* (E2) dari simulasi dinamis terhadap data asli dan metode DKL 3.2 terhadap data asli.

Analisis dilakukan pada data *demand* tarif B-1, tarif B-2, tarif B-3, dan *demand* sektor bisnis di Jawa Timur. Sebelum membandingkan antara simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2, nilai dari eB dan gB pada rumus proyeksi DKL 3.2 seperti yang sudah dijelaskan pada Persamaan 2.1 harus dicari dari data PDRB bisnis.

Perhitungan metode DKL 3.2 dilakukan dari data historis PLN yang telah diolah diketahui pertumbuhan permintaan energi listrik di Jawa Timur mencapai 9,5%, dan dari data PDRB diketahui pertumbuhan seluruh PDRB total di Jawa Timur dari tahun awal 2012 terhadap tahun 2013 adalah 11,8%. Sehingga nilai eB adalah 10,52% dan dari data PDRB yang telah diolah diketahui pertumbuhan PDRB sektor bisnis atau gB adalah 13,72%. Data-data tadi dimasukkan dalam Persamaan 2.1 yang merupakan metode DKL 3.2.

Hasil dari perbandingan *error mean comparison* (E1) dan *error variance comparison* (E2) simulasi dinamis dan metode DKL 3.2 pada tarif B-1, B-2 dan B di Jawa Timur terdapat pada tabel 4.106. Terakhir hasil dari perbandingan *error mean comparison* (E1) dan *error variance comparison* (E2) simulasi dinamis dan metode DKL 3.2 pada *demand* sektor bisnis di Jawa Timur terdapat pada Tabel 4.107.

Tabel 4.106 dan 4.107 membuktikan bahwa penerapan simulasi dinamis terhadap proyeksi *demand* atau kebutuhan energi listrik mempunyai error, yaitu E1 dan E2 yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan metode DKL 3.2. Sehingga perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik di Jawa Timur pada masa depan lebih terencana dengan baik karena hasil proyeksi kebutuhan energi listrik yang akurat.

Tabel 4.106 Tabel Perbandingan Simulasi Dinamis dan DKL 3.2

Tarif B-1		Tarif B-2		Tarif B-3	
E1		E1		E1	
Simulasi Dinamis	DKL 3.2	Simulasi Dinamis	DKL 3.2	Simulasi Dinamis	DKL 3.2
2,91%	42,3%	3,89%	30,27%	4,14%	56,06%
E2		E2		E2	
Simulasi Dinamis	DKL 3.2	Simulasi Dinamis	DKL 3.2	Simulasi Dinamis	DKL 3.2
1,67%	332,19%	17,55%	238,23%	2,88%	89,91%

Tabel 4.107 Perbandingan *Demand* Sektor Bisnis menggunakan Simulasi Dinamis dan DKL 3.2 pada

<i>Demand Sektor Bisnis</i>	
E1	
Simulasi Dinamis	DKL 3.2
3,73%	18,27%
E2	
Simulasi Dinamis	DKL 3.2
11,48%	76,68%

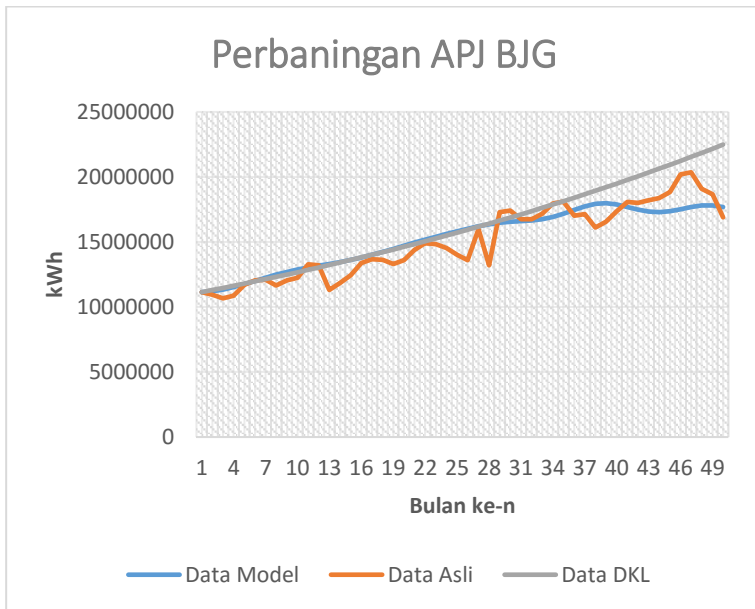
4.11.1. APJ BJB

Pada Tabel 4.108 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada dua metode.

Tabel 4.108 E1 dan E2 2 Metode APJ BJB

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	7,38%	1,53%
Error Variance	20,86%	19,87%

Pada Gambar 4.93 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dari model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan error dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada error dari DKL.



Gambar 4.93 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model APJ BJB

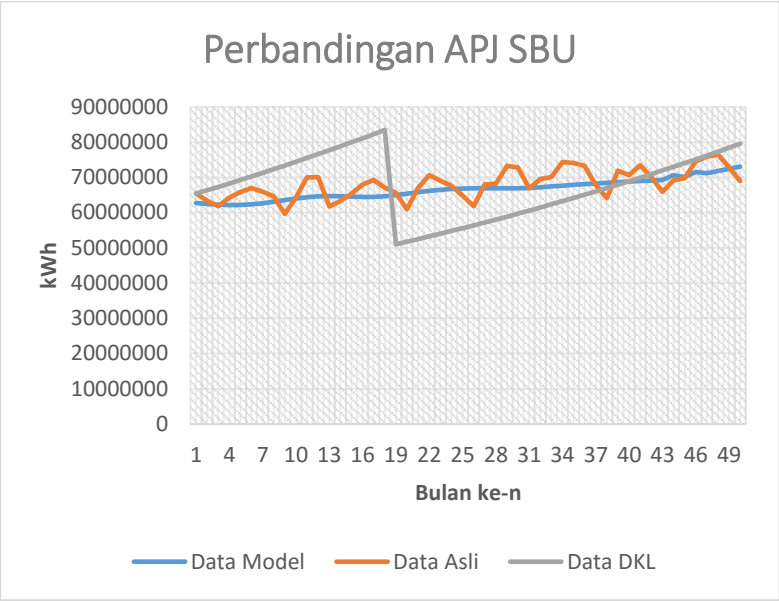
4.11.2. APJ SBU

Pada Tabel 4.109 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.109 E1 dan E2 2 Metode APJ SBU

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	3,50%	2,32%
Error Variance	119,62%	29,50%

Pada Gambar 4.94 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada Grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dai model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan error dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada error dari DKL.



Gambar 4.94 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model APJ SBU

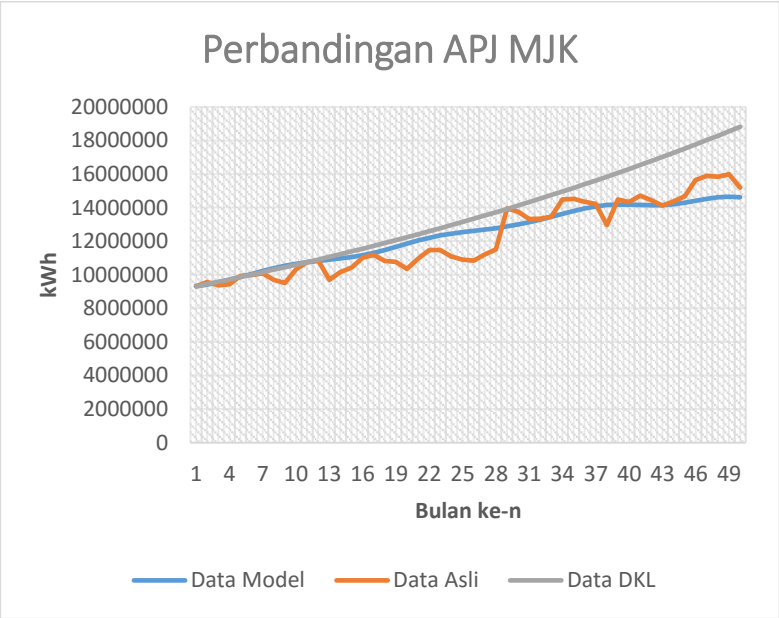
4.11.3. APJ MJK

Pada Tabel 4.110 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.110 E1 dan E2 2 Metode APJ MJK

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	10,73%	1,32%
Error Variance	31,19%	21,86%

Pada Gambar 4.95 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada Grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dai model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan error dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada error dari DKL.



Gambar 4.95 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model APJ MJK

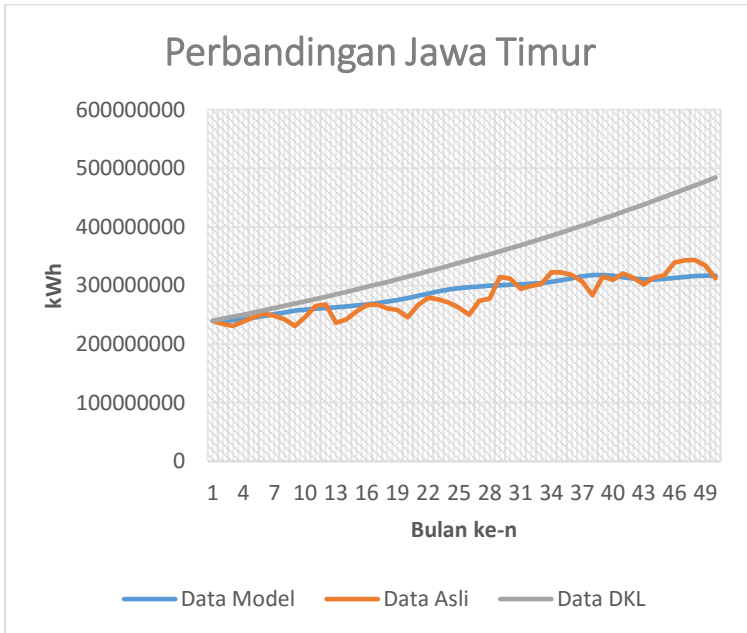
4.11.4. Jawa Timur

Pada Tabel 4.111 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.111 E1 dan E2 2 Metode Jawa Timur

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	23,72%	1,91%
Error Variance	114,16%	22,52%

Pada Gambar 4.96 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada Grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dari model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan error dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada error dari DKL



Gambar 4.96 Perbandingan Grafik Data 3 Kondisi Model Jawa Timur

4.11.5. Hasil Perbandingan Metode

Setelah dilakukan perbandingan metode, dapat ditarik kesimpulan bahwa metode simulasi dinamis lebih baik dibandingkan dengan metode DKL. Terdapat beberapa hal yang membuat metode simulasi dinamis lebih baik dibandingkan dengan metode DKL, antara lain:

1. Simulasi dinamis menggunakan faktor eksternal seperti Produk Domestik Regional Bruto dalam memperkirakan perilaku listrik di masa depan sedangkan DKL tidak. Hal ini membuat simulasi dinamis lebih akurat dalam melakukan perkiraan perilaku listrik.
2. Simulasi dinamis menghasilkan angka *error* yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan DKL terhadap data asli PLN. Dengan *error* yang lebih kecil tersebut dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dinamis lebih terpercaya dibandingkan dengan DKL.
3. Keunggulan angka *error* simulasi dinamis terhadap DKL juga didapatkan disetiap Area Pelayanan Jaringan yang dijadikan studi kasus.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN A. CONTOH DATA YANG DIGUNAKAN

Waktu	Jasa Sosial Kemasyarakatan				Tarif B-1 TR s/d 450 VA API SBU		Tarif B-1 TR s/d 450 VA API		Tarif B-1 TR s/d 450 VA API		Tarif B-1 TR s/d 450 VA G-TARIF	
	Nilai PRDB / triwulan	Rata-rata PDARB / bulan	Growth		Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth
Februari 2012	2.116.857,20	705.619,07	0,00%		72.927	0,00%	3.770.068	0,00%	523.801	0,00%	523.801	0,00%
Mei 2012	2.530.096,79	843.365,60	19,52%		73.518	0,81%	3.848.992	2,09%	524.412	0,12%	524.412	0,12%
Agustus 2012	2.530.098,69	843.366,23	0,00%		69.512	-5,45%	3.697.618	-3,93%	498.088	-5,02%	498.088	-5,02%
November 2012	2.573.659,48	857.886,49	1,72%		73.760	6,11%	3.798.572	2,73%	507.533	1,90%	507.533	1,90%
Februari 2013	2.374.321,73	791.440,58	-7,75%		75.699	2,63%	3.701.604	-2,55%	502.387	-1,01%	502.387	-1,01%
Mei 2013	2.793.729,64	931.243,21	17,66%		92.044	21,59%	3.879.859	4,82%	527.306	4,96%	527.306	4,96%
Agustus 2013	2.755.646,24	918.548,75	-1,36%		96.107	4,41%	4.104.868	5,80%	540.421	2,49%	540.421	2,49%
November 2013	2.824.810,93	941.603,64	2,51%		133.607	39,02%	3.931.704	-4,22%	544.854	0,82%	544.854	0,82%
Februari 2014	2.907.985,32	969.328,44	2,94%		154.359	15,53%	3.858.671	-1,86%	512.767	-5,89%	512.767	-5,89%
Mei 2014	3.146.141,27	1.048.713,76	8,19%		213.186	38,11%	3.929.977	1,85%	546.869	6,65%	546.869	6,65%
Agustus 2014	3.316.968,33	1.105.656,11	5,43%		211.498	-0,79%	4.188.095	6,57%	559.760	2,36%	559.760	2,36%
November 2014	3.280.992,37	1.093.664,12	-1,08%		259.079	22,50%	4.144.550	-1,04%	555.583	-0,75%	555.583	-0,75%

Waktu	Jasa Perorangan dan RT				Tarif B-1 TR s/d 900 VA API SBU		Tarif B-1 TR s/d 900 VA API		Tarif B-1 TR s/d 900 VA API		Tarif B-1 TR s/d 900 VA G-TARIF	
	Nilai PRDB / triwulan	Rata-rata PDARB / bulan	Growth		Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth
Februari 2012	8.150.102,84	2.716.700,95	0,00%		399.128	0,00%	329.044	0,00%	589.718	0,00%	589.718	0,00%
Mei 2012	8.392.052,23	2.797.341,74	2,97%		406.234	1,78%	360.159	9,46%	599.298	1,62%	599.298	1,62%
Agustus 2012	9.048.729,34	3.016.443,11	7,83%		390.139	-3,96%	357.969	-0,61%	574.091	-4,21%	574.091	-4,21%
November 2012	10.037.573,03	3.345.857,68	10,93%		415.469	6,49%	372.863	4,16%	599.999	4,51%	599.999	4,51%
Februari 2013	9.064.846,90	3.021.615,63	-9,69%		405.621	-2,37%	347.044	-6,92%	581.955	-3,01%	581.955	-3,01%
Mei 2013	9.569.926,36	3.189.975,45	5,57%		455.164	12,21%	396.797	14,34%	624.852	7,37%	624.852	7,37%
Agustus 2013	10.253.609,07	3.417.869,69	7,14%		431.092	-5,29%	403.701	1,74%	623.707	-0,18%	623.707	-0,18%
November 2013	10.997.624,87	3.665.874,96	7,26%		518.445	20,26%	419.755	3,98%	660.982	5,98%	660.982	5,98%
Februari 2014	11.047.016,82	3.682.338,94	0,45%		522.032	0,69%	404.060	-3,74%	631.557	-4,45%	631.557	-4,45%
Mei 2014	11.642.046,85	3.880.682,28	5,39%		640.498	22,69%	451.725	11,80%	681.418	7,89%	681.418	7,89%
Agustus 2014	11.648.870,20	3.882.956,73	0,06%		615.248	-3,94%	451.328	-0,09%	685.084	0,54%	685.084	0,54%
November 2014	12.670.679,25	4.222.359,75	8,77%		723.540	17,60%	489.772	8,52%	719.214	4,98%	719.214	4,98%

Waktu	Konstruksi			TARIF B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA API BGR		TARIF B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA API MIK		TARIF B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA G-TARIF	
	Nilai PRDB / triwulan	Rata-rata PD RB / bulan	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth
Februari 2012	10.005.629,28	3.335.209,76	0,00%	20.085.307	0,00%	4.368.948	0,00%	5.240.253	0,00%
Mei 2012	11.468.368,82	3.822.789,61	14,62%	21.248.701	5,79%	4.788.461	9,60%	5.485.306	4,68%
Agustus 2012	11.844.477,73	3.948.159,24	3,28%	20.820.010	-2,02%	4.975.098	3,90%	5.399.912	-1,56%
November 2012	12.232.605,08	4.077.535,03	3,28%	22.858.243	9,79%	6.073.170	22,07%	6.139.809	13,70%
Februari 2013	11.590.029,98	3.863.343,33	-5,25%	21.567.256	-5,65%	5.161.277	-15,02%	5.745.753	-6,42%
Mei 2013	13.759.127,75	4.586.374,25	18,72%	22.164.734	2,77%	6.302.850	22,12%	6.340.619	10,35%
Agustus 2013	13.980.669,07	4.660.223,02	1,61%	18.796.828	-15,19%	5.932.472	-5,88%	5.789.904	-8,69%
November 2013	14.579.129,17	4.859.709,72	4,28%	22.992.935	22,32%	6.808.049	14,76%	6.476.242	11,85%
Februari 2014	13.501.961,12	4.500.653,71	-7,39%	20.499.506	-10,84%	5.717.100	-16,02%	6.259.028	-3,35%
Mei 2014	15.628.434,06	5.209.478,02	15,75%	24.121.151	17,67%	8.621.966	50,81%	8.784.653	40,35%
Agustus 2014	16.396.542,66	5.465.514,22	4,91%	22.340.386	-7,38%	8.084.719	-6,23%	8.415.609	-4,20%
November 2014	17.118.286,65	5.706.095,55	4,40%	25.031.062	12,04%	9.032.176	11,72%	9.255.230	9,98%

Waktu	Pengangkutan			TARIF B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA API BGR		TARIF B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA API MIK		TARIF B-2 TR 6.600 VA s/d 200 kVA G-TARIF	
	Nilai PRDB / triwulan	Rata-rata PD RB / bulan	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth
Februari 2012	7.946.229,88	2.648.743,29	0,00%	20.085.307	0,00%	4.368.948	0,00%	5.240.253	0,00%
Mei 2012	8.458.706,26	2.819.568,75	6,45%	21.248.701	5,79%	4.788.461	9,60%	5.485.306	4,68%
Agustus 2012	8.950.446,44	2.983.482,15	5,81%	20.820.010	-2,02%	4.975.098	3,90%	5.399.912	-1,56%
November 2012	9.556.145,59	3.185.381,86	6,77%	22.858.243	9,79%	6.073.170	22,07%	6.139.809	13,70%
Februari 2013	9.167.314,56	3.055.771,52	-4,07%	21.567.256	-5,65%	5.161.277	-15,02%	5.745.753	-6,42%
Mei 2013	9.723.288,39	3.241.096,13	6,06%	22.164.734	2,77%	6.302.850	22,12%	6.340.619	10,35%
Agustus 2013	10.429.321,91	3.476.440,64	7,26%	18.796.828	-15,19%	5.932.472	-5,88%	5.789.904	-8,69%
November 2013	10.977.243,20	3.659.081,07	5,25%	22.992.935	22,32%	6.808.049	14,76%	6.476.242	11,85%
Februari 2014	10.751.717,20	3.583.905,73	-2,05%	20.499.506	-10,84%	5.717.100	-16,02%	6.259.028	-3,35%
Mei 2014	11.292.552,79	3.764.184,26	5,03%	24.121.151	17,67%	8.621.966	50,81%	8.784.653	40,35%
Agustus 2014	11.884.637,41	3.961.545,80	5,24%	22.340.386	-7,38%	8.084.719	-6,23%	8.415.609	-4,20%
November 2014	12.456.283,77	4.152.094,59	4,81%	25.031.062	12,04%	9.032.176	11,72%	9.255.230	9,98%

Waktu	Jasa Pemerintahan Umum				TARIF B-3 TM > 200 KVA API SBU		TARIF B-3 TM > 200 KVA API BIG		TARIF B-3 TM > 200 KVA API MUK		TARIF B-3 TM > 200 KVA G-TARIF	
	Nilai PRDB / triwulan	Rata-rata PDRB / bulan	Growth		Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth
Februari 2012	6.847.583,65	2.282.527,88	0,00%		38.788.797	0,00%	908.616	0,00%	782.212	0,00%	94.693.609	0,00%
Mei 2012	8.658.206,38	2.886.068,79	26,44%		39.813.832	2,64%	1.041.328	14,61%	852.296	8,96%	97.794.583	3,27%
Agustus 2012	9.275.063,43	3.091.687,81	7,12%		39.265.918	-1,38%	989.199	-5,01%	866.551	1,67%	97.879.449	0,09%
November 2012	10.370.361,28	3.456.787,09	11,81%		42.139.703	7,32%	1.293.298	30,74%	992.342	14,52%	106.045.062	8,34%
Februari 2013	7.554.865,10	2.518.288,37	-27,15%		37.101.976	-11,95%	1.071.774	-17,13%	963.400	-2,92%	90.128.676	-15,01%
Mei 2013	9.309.557,05	3.103.185,68	23,23%		42.119.100	13,52%	1.349.068	25,87%	1.125.430	16,82%	102.576.182	13,81%
Agustus 2013	9.830.506,45	3.276.835,48	5,60%		37.722.796	-10,44%	1.514.080	12,23%	1.021.370	-9,25%	94.326.893	-8,04%
November 2013	11.066.649,89	3.688.883,30	12,57%		40.750.978	8,03%	1.836.668	21,31%	1.145.668	12,17%	101.863.027	7,99%
Februari 2014	8.435.113,07	2.811.704,36	-23,78%		36.418.968	-10,63%	1.908.624	3,92%	983.024	-14,20%	91.828.520	-9,85%
Mei 2014	9.438.399,76	3.146.133,25	11,89%		43.518.683	19,49%	2.357.141	23,50%	1.182.038	20,25%	112.397.667	22,40%
Agustus 2014	10.670.605,99	3.556.868,66	13,06%		42.059.971	-3,35%	2.146.987	-8,92%	1.142.236	-3,37%	107.019.298	-4,79%
November 2014	11.943.763,94	3.981.254,65	11,93%		43.113.010	2,50%	2.428.452	13,11%	1.239.824	8,54%	111.329.637	4,03%
Waktu	Jasa Perusahaan				TARIF B-3 TM > 200 KVA API SBU		TARIF B-3 TM > 200 KVA API BIG		TARIF B-3 TM > 200 KVA API MUK		TARIF B-3 TM > 200 KVA G-TARIF	
	Nilai PRDB / triwulan	Rata-rata PDRB / bulan	Growth		Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth	Nilai KWH	Growth
Februari 2012	2.579.909,94	859.969,98	0,00%		38.788.797	0,00%	908.616	0,00%	782.212	0,00%	94.693.609	0,00%
Mei 2012	2.848.187,33	949.395,78	10,40%		39.813.832	2,64%	1.041.328	14,61%	852.296	8,96%	97.794.583	3,27%
Agustus 2012	2.992.411,19	997.470,40	5,06%		39.265.918	-1,38%	989.199	-5,01%	866.551	1,67%	97.879.449	0,09%
November 2012	3.099.251,55	1.033.083,85	3,57%		42.139.703	7,32%	1.293.298	30,74%	992.342	14,52%	106.045.062	8,34%
Februari 2013	2.893.408,45	964.469,48	-6,64%		37.101.976	-11,95%	1.071.774	-17,13%	963.400	-2,92%	90.128.676	-15,01%
Mei 2013	3.171.882,40	1.057.294,13	9,62%		42.119.100	13,52%	1.349.068	25,87%	1.125.430	16,82%	102.576.182	13,81%
Agustus 2013	3.261.131,01	1.087.043,67	2,81%		37.722.796	-10,44%	1.514.080	12,23%	1.021.370	-9,25%	94.326.893	-8,04%
November 2013	3.365.737,73	1.121.912,58	3,21%		40.750.978	8,03%	1.836.668	21,31%	1.145.668	12,17%	101.863.027	7,99%
Februari 2014	3.203.350,80	1.067.783,60	-4,82%		36.418.968	-10,63%	1.908.624	3,92%	983.024	-14,20%	91.828.520	-9,85%
Mei 2014	3.461.242,24	1.153.747,41	8,05%		43.518.683	19,49%	2.357.141	23,50%	1.182.038	20,25%	112.397.667	22,40%
Agustus 2014	3.622.446,29	1.207.482,10	4,66%		42.059.971	-3,35%	2.146.987	-8,92%	1.142.236	-3,37%	107.019.298	-4,79%
November 2014	3.929.007,26	1.309.669,09	8,46%		43.113.010	2,50%	2.428.452	13,11%	1.239.824	8,54%	111.329.637	4,03%

EKUASI PDRB	
Tarif B1 API SBU	-0.0077 - 1.095 JasaSosial + 0.976 JasaPerorangan + 0.383 JasaHiburan + 2.51 Perdagangan
Tarif B1 API MIJK	-0.02134 + 0.217 JasaSosial + 0.465 JasaPerorangan - 0.164 JasaHiburan + 0.677 Perdagangan
Tarif B1 API BJG	-0.0216 - 0.244 JasaSosial + 0.743 JasaPerorangan - 0.152 JasaHiburan + 1.645 Perdagangan
Tarif B1 G-TARIF	-0.0216 - 0.244 JasaSosial + 0.743 JasaPerorangan - 0.152 JasaHiburan + 1.645 Perdagangan
Tarif B2 API SBU	-0.0105 + 0.443 Konstruksi + 2.39 Pengangkutan - 1.59 Komunikasi
Tarif B2 API MIJK	-0.0358 + 0.915 Konstruksi + 1.91 Pengangkutan - 0.58 Komunikasi
Tarif B2 API BJG	0.0027 + 0.775 Konstruksi + 1.164 Pengangkutan - 1.271 Komunikasi
Tarif B2 G-TARIF	0.0027 + 0.775 Konstruksi + 1.164 Pengangkutan - 1.271 Komunikasi
Tarif B3 API SBU	0.043 + 0.077 Pemerintahan Umum + 2.22 Perusahaan - 1.15 Bank + 1.51 Hotel - 1.73 Sewa Bangunan + 1.07 Restoran - 2.54 non-Bank
Tarif B3 API MIJK	0.039 + 0.53 Pemerintahan Umum + 0.33 Perusahaan - 0.72 Bank + 0.03 Hotel + 0.64 Sewa Bangunan + 0.65 Restoran - 1.08 non-Bank
Tarif B3 API BJG	0.0375 - 0.220 Pemerintahan Umum + 3.10 Perusahaan + 3.56 Bank + 3.11 Hotel - 4.12 Sewa Bangunan + 2.26 Restoran - 6.78 non-Bank
Tarif B3 G-TARIF	0.044 - 0.144 Pemerintahan Umum + 3.16 Perusahaan - 0.98 Bank + 2.08 Hotel - 2.62 Sewa Bangunan + 1.24 Restoran - 3.15 non-Bank

GOL. TARIF		EVALUASI VA TERSAMBUNG TOTAL PER JENIS TARIF TAHUN 2013											
		JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER
1	B-1 TR s/d 450 VA	229.419.300	231.173.000	233.198.900	237.587.600	241.786.600	245.783.300	247.996.700	250.030.200	64.550.150	64.562.750	4.555.300	4.550.900
	B-1 TR s/d 900 VA	914.515.600	929.298.300	934.036.900	938.096.600	950.909.500	950.909.500	959.436.800	959.436.800	49.167.500	49.167.500	24.141.300	24.201.000
	B-1 TR 1.300 VA	531.855.000	535.935.000	539.115.000	540.225.000	545.505.000	547.855.000	548.890.000	551.555.000	56.163.900	56.163.900	555.000	555.000
	B-1 TR 2.200 VA s/d 5.500 VA	1.842.602.200	1.856.493.400	1.870.064.550	1.880.937.550	1.895.879.750	1.907.383.050	1.920.209.200	1.934.902.650	241.786.600	245.783.300	40.028.620	40.096.870
	B-2 TR 6.600 VA s/d 200 KVA	0	0	0	0	0	0	0	0	938.606.600	942.622.400	0	0
	B-3 TR > 200 KVA	0	4.050	4.050	4.050	3.600	3.600	3.600	3.600	545.505.000	547.855.000	0	0
JUMLAH B		3.518.496.150	3.545.234.150	3.571.721.800	3.592.791.100	3.621.781.550	3.643.627.350	3.668.009.000	3.695.928.250	1.895.879.750	1.907.383.050	69.280.420	69.403.770
C / TM > 200 KVA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR													
GABUNGAN													
GOL. TARIF		EVALUASI KWH TERJUAL TOTAL TAHUN 2013											
		JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER
1	B-1 TR s/d 450 VA	9.081.622	0	0	0	0	9.105.770	9.298.219	9.153.308	107.346.024	0	0	0
	B-1 TR s/d 900 VA	6.623.400	0	0	6.402.354	6.648.772	6.795.467	7.024.091	6.853.011	15.043.244	3.971.755	9.298.219	9.153.308
	B-1 TR 1.300 VA	7.422.656	7.355.913	7.242.649	6.924.857	7.367.978	7.522.825	7.774.258	7.496.014	77.796.823	15.043.244	7.024.091	6.853.011
	B-1 TR 2.200 VA s/d 5.500 VA	27.159.037	26.275.155	26.078.241	24.489.208	27.368.532	28.043.756	28.608.896	27.640.578	86.323.003	305.909.394	7.774.258	7.496.014
	B-2 TR 6.600 VA s/d 200 KVA	114.899.463	112.588.411	110.096.645	104.147.245	116.913.252	122.152.592	121.886.820	117.346.399	1.356.138.929	434.067.642	28.608.896	27.640.578
	B-3 TR > 200 KVA	165.886.178	159.013.332	151.353.708	167.404.304	173.666.219	174.542.284	168.489.310	1.941.146.554	826.313.922	101.863.027	102.254.307	102.254.307
JUMLAH B		68.350.921	68.401.062	67.425.457	66.889.221	69.852.784	72.861.154	71.733.344	71.351.204	825.973.585	279.378.163	276.405.111	270.743.617
T / TM > 200 KVA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C / TM > 200 KVA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR													
GABUNGAN													

BEBAN TRAF0 dan PENYULANG GARDU INDUK

AREA TENGAH

BULAN DESEMBER 2015

No G	GARDU INDUK	Trafo				Kabel Incoming Trafo & Outgoing Penyulang		No	PENYULANG	L/R SCADA A	L set (Amp)	APU	Beban Trafo & Penyulang Tertinggi							Terting gi	Rata- rata			
		No Trf	Pri m k [KV [K A]	Se Deva k [MV [K A]	Jenis	d.kbl (mm2)	Sing (Amp)						Tgl (Amp)	Mim (Amp)	Tgl	% I Non Set	% I Set	Rata-2 (Amp)	Mim (Amp)					
1	ALTA PRIMA	1	150	20	30				1	Segara Intenusa	R	866	SBU		679	8	545	29	78.4		406	419	679	457
									2	Cooper	R	320	SBU		84	11	63	16	26.3	62	53	84	52	
									3	PVC	R	320	SBU		140	3	97	15	43.8	88	56	140	72	
									4	Palnesia	R	320	SBU		127	30	94	29	39.7	48	26	127	37	
									5	Izuika 1	R	320	SBU		55	31	55	14	17.2	24	17	55	21	
									6	Berkat bersama	R	320	SBU		90	31	90	14	28.1	49	43	90	46	
									7	Wenang Sakti	R	320	GSK		185	7	160	14	57.8	105	69	185	87	
									8	Pakal	R	320	GSK						0				0	
																			80.9	141	179	259	160	

Produk Domestik Regional Bruto Triwulanan Jawa Timur Menurut Lapangan Usaha
Atas Dasar Harga Berlaku Tahun 2012
(Juta Rupiah) *

No.	Sektor/Subsektor	Triwulan				Total
		I	II	III	IV	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I.	Pertanian	43,725,861.71	39,487,255.69	38,944,818.74	31,781,999.36	153,939,935.50
1.1.	Tanaman Bahan Makanan	27,756,110.27	22,029,894.73	17,555,482.49	12,744,535.16	80,086,022.65
1.2.	Tanaman Perkebunan	3,749,556.12	4,308,303.60	7,352,265.70	4,920,169.82	20,330,295.23
1.3.	Peternakan	6,826,729.84	7,186,456.46	7,857,282.14	8,311,826.35	30,182,294.79
1.4.	Kehutanan	965,182.62	1,130,550.21	1,146,553.17	855,517.73	4,097,803.72
1.5.	Perikanan	4,428,282.87	4,832,050.70	5,033,235.24	4,949,950.31	19,243,519.11
II.	Pertambangan Dan Penggalian	4,748,089.21	5,271,752.82	5,378,620.22	5,477,832.52	20,876,294.76
2.1.	Pertambangan Migas	966,748.31	1,002,645.02	982,670.81	976,952.74	3,929,016.88
2.2.	Pertambangan Non Migas	487,386.62	446,827.18	459,451.36	452,591.75	1,846,256.91
2.3.	Penggalian	3,293,954.27	3,822,280.62	3,936,498.05	4,048,288.03	15,101,020.97
III.	Industri Pengolahan	63,039,464.29	65,855,481.50	69,938,183.85	72,762,827.09	271,595,956.73
3.1.	Makanan Minuman dan Tembakau	35,301,071.88	37,250,547.07	39,700,545.52	41,150,154.98	153,402,319.45
3.2.	Tekstil, Barang dari Kulit & Alas kaki	2,099,504.87	2,074,615.96	2,286,087.76	2,372,040.12	8,832,248.70
3.3.	Barang dari Kayu & Hasil Hutan lain	2,113,529.59	1,971,649.29	2,277,485.77	2,394,676.61	8,757,341.26
3.4.	Kertas dan Barang Cetakan	8,761,838.44	9,225,157.91	9,110,306.37	8,735,917.95	35,833,220.67
3.5.	Pupuk, Kimia dan Barang dari Karet	5,203,049.89	5,269,705.49	6,050,786.61	6,344,091.20	22,867,633.19
3.6.	Semen dan Barang Galian bukan Logam	2,604,961.20	2,509,864.12	2,496,665.08	2,804,539.64	10,416,030.04
3.7.	Logam dasar besi dan baja	3,322,542.89	3,647,157.61	3,873,796.25	4,103,421.22	14,946,917.97
3.8.	Alat Angkutan Mesin & Peralatannya	2,349,081.02	2,508,644.59	2,596,534.43	3,063,512.32	10,517,772.36
3.9.	Barang lainnya	1,283,884.51	1,398,139.46	1,545,976.07	1,794,473.06	6,022,473.10
IV.	Listrik, Gas dan Air Bersih	3,270,677.82	3,435,381.21	3,428,009.29	3,420,866.37	13,554,934.68
4.1.	Listrik	1,816,871.20	1,946,803.54	1,919,708.20	1,834,923.35	7,518,306.29
4.2.	Gas Kota	1,234,196.09	1,263,386.35	1,277,763.22	1,338,739.59	5,114,085.25
4.3.	Air Bersih	219,610.53	225,191.32	230,537.87	247,203.43	922,543.15
V.	Konstruksi	10,005,629.28	11,468,368.82	11,844,477.73	12,232,605.08	45,551,080.91
VI.	Perdagangan, Hotel Dan Restoran	70,333,840.24	74,994,670.46	78,827,554.35	80,342,049.00	304,498,114.05
6.1.	Perdagangan	56,092,655.74	59,923,288.84	62,974,294.18	64,602,483.15	243,592,721.91
6.2.	Hotel	1,225,920.57	1,282,526.88	1,371,657.90	1,456,885.73	5,336,991.08
6.3.	Restoran	13,015,263.94	13,788,854.73	14,481,602.27	14,282,680.12	55,568,401.06
VII.	Pengangkutan Dan Komunikasi	12,964,530.41	13,828,967.56	14,711,888.05	15,584,605.30	57,089,991.32
a.	Angkutan	7,946,229.88	8,458,706.26	8,950,446.44	9,556,145.59	34,911,528.18
1.	Angkutan Rel	131,856.24	127,148.27	127,148.85	140,933.15	527,086.51
2.	Angkutan Jalan Raya	2,758,750.97	2,982,710.76	3,164,947.02	3,358,834.25	12,265,243.00
3.	Angkutan Laut	647,113.45	680,090.56	778,211.89	841,279.70	2,946,695.60
4.	Angkutan Penyebrangan	40,283.05	39,960.45	44,654.24	40,406.42	165,304.16
5.	Angkutan Udara	1,463,118.15	1,643,131.09	1,836,064.56	1,900,901.88	6,843,215.68
6.	Jasa Penunjang Angkutan	2,905,108.02	2,985,665.14	2,999,419.88	3,273,790.19	12,163,983.23
a.	Komunikasi	5,018,300.52	5,370,261.30	5,761,441.61	6,028,459.71	22,178,463.14
VIII.	Keuangan, Persewaan Dan Jasa Perus	11,581,628.55	12,390,572.99	13,000,403.54	13,524,289.06	50,496,894.14
8.1.	Bank	2,628,167.12	2,791,726.12	2,949,381.19	3,164,219.16	11,533,493.59
8.2.	Lembaga Keuangan Bukan Bank	2,121,983.41	2,216,368.93	2,445,588.99	2,480,567.66	9,264,509.00
8.4.	Sewa Bangunan	4,251,568.07	4,534,290.61	4,613,022.18	4,780,250.69	18,179,131.54
8.5.	Jasa Perusahaan	2,579,909.94	2,848,187.33	2,992,411.19	3,099,251.55	11,519,760.02
IX.	Jasa - Jasa	17,706,348.47	20,317,300.43	21,677,981.34	23,895,912.48	83,597,542.72
a.	Pemerintahan Umum	6,847,583.65	8,658,206.38	9,275,063.43	10,370,361.28	35,151,214.74
b.	Swasta	10,858,764.83	11,659,094.05	12,402,917.91	13,525,551.19	48,446,327.98
1.	Jasa Sosial Kemasyarakatan	2,116,857.20	2,530,096.79	2,530,098.69	2,573,659.48	9,750,712.16
2.	Jasa Hiburan Dan Kebudayaan	591,804.78	736,972.03	824,089.87	914,318.68	3,067,185.36
3.	Jasa Perorangan Dan RT	8,150,102.84	8,392,025.23	9,048,729.34	10,337,573.03	35,628,430.45
Produk Domestik Regional Bruto		237,376,069.97	247,049,751.46	257,751,937.12	259,022,986.26	1,001,200,744.82

Keterangan :

* Angka Diperbaiki

** Angka Sementara

Produk Domestik Regional Bruto Triwulanan Jawa Timur Menurut Lapangan Usaha
Atas Dasar Harga Berlaku Tahun 2013
(Juta Rupiah) ⁸⁸

No.	Sektor/Subsektor	Triwulan				Total
		I	II	III	IV	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I.	Pertanian	47,624,496.89	42,949,233.11	43,489,365.17	35,194,633.87	169,257,729.04
1.1.	Tanaman Bahan Makanan	29,843,951.20	24,004,616.42	19,938,266.89	14,158,793.29	87,945,627.79
1.2.	Tanaman Perkebunan	4,079,151.38	4,483,920.79	8,009,779.54	5,486,577.02	22,059,428.73
1.3.	Peternakan	7,664,523.90	7,857,762.07	8,644,668.84	9,078,293.50	33,245,248.31
1.4.	Kehutanan	1,110,454.31	1,226,528.32	1,248,646.73	1,002,591.52	4,588,220.88
1.5.	Perikanan	4,926,416.10	5,376,405.51	5,648,003.18	5,468,378.54	21,419,203.34
II.	Pertambangan Dan Penggalian	5,006,378.03	5,632,723.77	5,950,247.81	6,080,765.52	22,670,115.12
2.1.	Pertambangan Migas	899,969.42	1,047,733.26	1,096,480.85	1,091,797.87	4,135,981.39
2.2.	Pertambangan Non Migas	519,114.29	495,998.01	518,127.67	527,926.93	2,061,166.91
2.3.	Penggalian	3,587,294.32	4,088,992.50	4,335,639.29	4,461,040.72	16,472,966.82
III.	Industri Pengolahan	69,333,328.80	73,676,829.11	77,670,919.66	81,630,857.96	302,311,935.53
3.1.	Makanan Minuman dan Tembakau	39,460,557.38	42,275,682.88	44,809,264.25	46,696,869.13	173,242,373.65
3.2.	Tekstil, Barang dari Kulit & Alas Kaki	2,302,791.75	2,330,724.65	2,502,868.22	2,630,144.13	9,766,528.75
3.3.	Barang dari Kayu & Hasil Hutan lain	2,299,366.62	2,363,991.76	2,461,156.87	2,636,329.54	9,760,844.80
3.4.	Kertas dan Barang Cetak	9,024,349.67	9,838,960.77	10,004,377.92	10,055,804.15	38,923,492.50
3.5.	Pupuk, Kimia dan Barang dari Kimia	6,106,646.81	6,017,161.66	6,636,452.09	7,174,852.02	25,935,112.58
3.6.	Semen dan Barang Galian bukan Logam	2,841,022.91	3,039,655.01	2,959,510.17	3,135,311.40	11,975,499.49
3.7.	Logam dasar besi dan baja	3,446,904.93	3,786,680.81	4,007,465.43	4,268,546.71	15,509,597.88
3.8.	Alat Angkutan Mesin & Peralatan	2,424,301.92	2,519,161.65	2,712,628.46	3,132,382.32	10,788,474.36
3.9.	Barang lainnya	1,427,386.82	1,504,809.92	1,577,196.24	1,900,610.56	6,410,011.54
IV.	Listrik, Gas dan Air Bersih	3,516,546.73	3,676,276.18	3,621,183.53	3,789,223.60	14,603,230.03
4.1.	Listrik	1,944,167.67	2,055,626.16	2,074,374.80	2,135,826.68	8,209,995.31
4.2.	Gas Kota	1,317,319.77	1,362,279.66	1,387,120.96	1,377,809.70	5,344,530.10
4.3.	Air Bersih	255,059.29	258,370.35	259,687.77	275,587.22	1,048,704.63
V.	Konstruksi	11,590,029.98	13,759,122.75	13,980,669.07	14,579,129.17	53,908,950.96
VI.	Perdagangan, Hotel Dan Restoran	81,718,209.93	87,053,966.05	92,781,358.70	94,551,114.58	356,104,649.26
6.1.	Perdagangan	65,080,986.41	69,463,507.93	74,352,339.10	75,957,690.76	284,854,524.20
6.2.	Hotel	1,408,393.73	1,494,567.82	1,625,579.15	1,654,338.69	6,182,879.39
6.3.	Restoran	15,228,829.80	16,095,890.30	16,803,440.45	16,939,085.13	65,067,245.67
VII.	Pengangkutan Dan Komunikasi	15,153,909.55	16,382,041.44	17,646,757.99	18,347,205.06	67,529,914.04
a.	Angkutan	9,167,314.56	9,723,288.39	10,429,321.91	10,977,243.20	40,297,168.05
1.	Angkutan Rel	132,584.81	139,111.62	148,724.80	152,173.43	572,594.66
2.	Angkutan Jalan Raya	3,107,875.60	3,358,619.09	3,559,801.85	3,844,973.74	13,871,270.29
3.	Angkutan Laut	764,820.89	770,483.38	916,026.22	939,731.47	3,391,061.96
4.	Angkutan Penyebrangan	45,821.77	43,977.96	51,396.15	41,398.70	182,594.58
5.	Angkutan Udara	1,789,447.66	1,974,322.28	2,321,227.97	2,324,976.08	8,409,973.99
6.	Jasa Penunjang Angkutan	3,326,763.81	3,436,774.05	3,432,144.92	3,673,989.78	13,869,672.57
a.	Komunikasi	5,986,594.99	6,658,753.05	7,217,436.08	7,369,961.86	27,232,745.98
VIII.	Kuangan, Persewaan Dan Jasa Perumahan	13,366,609.47	14,250,443.93	14,903,872.26	15,375,551.55	57,896,477.21
8.1.	Bank	3,135,102.68	3,344,035.18	3,612,756.34	3,801,610.18	13,893,504.38
8.2.	Lembaga Keuangan Bukan Bank	2,471,031.62	2,628,790.00	2,821,725.41	2,877,188.37	10,798,735.41
8.4.	Sewa Bangunan	4,867,066.72	5,105,736.34	5,208,259.50	5,331,015.27	20,512,077.83
8.5.	Jasa Perusahaan	2,893,408.45	3,171,882.40	3,261,131.01	3,365,737.73	12,692,159.60
IX.	Jasa - Jasa	19,749,754.32	22,514,906.14	23,731,127.02	25,879,077.12	91,874,864.59
a.	Pemerintahan Umum	7,554,865.10	9,309,557.05	9,830,506.45	11,066,649.89	37,761,578.49
b.	Swasta	12,194,889.21	13,205,349.09	13,900,620.58	14,812,427.23	54,113,286.10
1.	Jasa Sosial Kemasyarakatan	2,374,321.73	2,793,729.64	2,755,646.24	2,824,810.93	10,748,508.54
2.	Jasa Hiburan Dan Kebudayaan	755,720.59	841,693.10	891,365.26	989,991.42	3,478,770.37
3.	Jasa Perorangan Dan RT	9,064,846.90	9,569,926.36	10,253,609.07	10,997,624.87	39,886,007.19
Produk Domestik Regional Bruto		267,059,263.69	279,895,542.46	293,775,501.21	295,427,558.43	1,136,157,865.79

Keterangan :

* Angka Diperbaiki

** Angka Sementara

**Produk Domestik Regional Bruto Triwulanan Jawa Timur Menurut Lapangan Usaha
Atas Dasar Harga Berlaku Tahun 2014
(Juta Rupiah) ****

No.	Sektor/Subsektor	Triwulan				Total
		I	II	III	IV	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I.	Pertanian	52,698,587.70	46,563,451.41	50,154,663.52	40,040,313.43	189,457,016.06
1.1.	Tanaman Bahan Makanan	33,159,351.82	25,839,100.39	23,564,234.27	15,959,399.38	98,522,085.85
1.2.	Tanaman Perkebunan	4,590,734.74	5,042,025.03	9,183,575.37	6,123,620.87	24,939,956.00
1.3.	Peternakan	8,431,483.79	8,283,208.33	9,613,277.83	10,650,967.23	36,978,937.18
1.4.	Kehutanan	1,182,630.22	1,360,104.48	1,246,878.45	1,186,347.88	4,975,961.04
1.5.	Perikanan	5,334,387.13	6,039,013.17	6,546,697.61	6,119,978.08	24,040,075.99
II.	Pertambangan Dan Penggalian	5,476,237.75	6,149,504.04	6,441,766.44	6,793,379.53	24,860,887.76
2.1.	Pertambangan Migas	988,882.61	1,078,849.84	1,066,329.32	1,269,626.94	4,403,688.72
2.2.	Pertambangan Non Migas	553,320.60	527,109.82	563,984.72	580,702.47	2,225,117.61
2.3.	Penggalian	3,934,034.53	4,543,544.38	4,811,452.40	4,943,050.12	18,232,081.43
III.	Industri Pengolahan	79,546,854.51	83,256,652.15	86,401,396.53	92,152,071.41	341,356,974.60
3.1.	Makanan Minuman dan Tembakau	45,415,858.70	47,596,216.60	48,471,397.59	52,811,559.91	194,295,032.80
3.2.	Tekstil, Barang dari Kulit & Alas Kaki	2,683,609.95	2,753,027.49	2,875,896.52	2,972,677.40	11,285,211.36
3.3.	Barang dari Kayu & Hasil Hutan lain	2,487,714.47	2,531,675.31	2,693,268.06	2,898,708.65	10,611,366.49
3.4.	Kertas dan Barang Cetak	10,147,597.91	11,173,465.91	12,115,582.37	11,258,473.19	44,695,119.39
3.5.	Pupuk, Kimia dan Barang dari Kimia	6,982,656.53	6,834,454.78	7,472,036.99	8,119,445.17	29,408,593.47
3.6.	Semen dan Barang Galian bukan Logam	3,041,501.52	3,415,143.54	3,641,095.97	3,566,699.36	13,664,440.39
3.7.	Logam dasar besi dan baja	4,288,575.36	4,358,976.19	4,390,163.07	4,782,038.74	17,819,753.35
3.8.	Alat Angkutan Mesin & Peralatan	2,873,952.95	2,889,754.37	2,987,796.79	3,599,881.15	12,351,385.26
3.9.	Barang lainnya	1,625,387.13	1,703,937.95	1,754,159.18	2,142,587.84	7,226,081.43
IV.	Listrik, Gas dan Air Bersih	3,851,878.82	4,129,816.18	4,145,951.31	4,220,275.67	16,347,921.98
4.1.	Listrik	2,213,096.17	2,439,383.86	2,441,584.21	2,403,132.25	9,497,196.50
4.2.	Gas Kota	1,350,935.97	1,393,093.82	1,403,949.37	1,504,342.44	5,652,321.61
4.3.	Air Bersih	287,846.68	297,338.49	300,417.72	312,800.98	1,198,403.87
V.	Konstruksi	13,501,961.12	15,628,434.06	16,396,542.66	17,118,286.65	62,645,224.50
VI.	Perdagangan , Hotel Dan Restoran	93,623,602.41	100,415,826.48	105,796,970.34	108,005,243.33	407,841,642.56
6.1.	Perdagangan	74,707,724.11	79,687,101.11	84,654,781.66	86,554,516.67	325,604,123.55
6.2.	Hotel	1,660,559.06	1,754,280.67	1,854,867.17	1,883,697.42	7,153,404.32
6.3.	Restoran	17,255,319.24	18,974,444.70	19,287,321.51	19,567,029.24	75,084,114.69
VII.	Pengangkutan Dan Komunikasi	17,734,047.53	19,205,370.61	20,609,229.67	21,200,070.13	78,748,717.95
a.	Angkutan	10,751,717.20	11,292,552.79	11,884,637.41	12,456,283.77	46,385,191.17
1.	Angkutan Rel	152,654.46	162,888.00	170,978.60	171,269.27	657,790.33
2.	Angkutan Jalan Raya	3,742,514.31	3,871,003.54	4,099,694.36	4,328,769.92	16,041,982.13
3.	Angkutan Laut	885,347.88	918,848.85	965,604.53	1,029,479.22	3,799,280.48
4.	Angkutan Penyebrangan	46,275.56	48,420.18	54,299.32	47,161.17	196,156.23
5.	Angkutan Udara	2,114,554.41	2,360,333.46	2,592,400.42	2,825,354.19	9,892,642.48
6.	Jasa Penunjang Angkutan	3,810,370.58	3,931,058.76	4,001,660.18	4,054,250.00	15,797,339.51
a.	Komunikasi	6,982,330.34	7,912,817.82	8,724,592.26	8,743,786.36	32,363,526.78
VIII.	Keuangan, Persewaan Dan Jasa Perantara	15,777,611.95	16,272,035.40	16,868,436.91	17,802,396.36	66,320,480.62
8.1.	Bank	3,874,822.34	4,045,003.17	4,138,837.58	4,396,472.86	16,455,135.95
8.2.	Lembaga Keuangan Bukan Bank	2,871,793.35	3,046,226.70	3,180,118.68	3,290,959.41	12,389,098.14
8.4.	Sewa Bangunan	5,427,645.46	5,719,563.29	5,927,034.36	6,185,956.82	23,260,199.94
8.5.	Jasa Perusahaan	3,203,350.80	3,461,242.24	3,622,446.29	3,929,007.26	14,216,046.59
IX.	Jasa - Jasa	23,383,912.81	25,260,939.78	26,737,931.09	29,037,134.16	104,419,917.84
a.	Pemerintahan Umum	8,435,113.07	9,438,399.76	10,670,605.99	11,943,763.94	40,487,882.76
b.	Swasta	14,948,799.74	15,822,540.02	16,067,325.10	17,093,370.22	63,932,035.08
1.	Jasa Sosial Kemasyarakatan	2,907,985.32	3,146,141.27	3,316,968.33	3,280,992.37	12,652,087.30
2.	Jasa Hiburan Dan Kebudayaan	993,797.60	1,034,351.90	1,101,486.56	1,141,698.59	4,271,334.65
3.	Jasa Perorangan Dan RT	11,047,016.82	11,642,046.85	11,648,870.20	12,670,679.25	47,008,613.13
Produk Domestik Regional Bruto		305,194,694.61	316,882,030.10	333,552,888.47	336,369,170.68	1,291,998,783.86

Keterangan :

* Angka Diperbaiki

** Angka Sementara

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan yang diperoleh selama pengerjaan Tugas Akhir dan saran mengenai pengembangan yang dapat dilakukan terhadap Tugas Akhir ini di masa yang akan datang.

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan selama proses perancangan, implementasi, dan pengujian perangkat lunak yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulasi dinamis terhadap *supply* dan *demand* energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur telah berhasil dikembangkan. Hasil validasi yang dilakukan terhadap *demand* energi listrik pada beberapa APJ dan total di Jawa Timur pada tiap tarif dan total sektor bisnis, kesemuanya memiliki hasil bagus dan memenuhi standar, yaitu *error mean comparison* (E1) < 5% dan *error variance comparison* (E2) < 30%.
2. Proyeksi terhadap *demand* sektor bisnis telah berhasil dilakukan pada tiap tarif di beberapa APJ dan di Jawa Timur sampai tahun 2028.
3. Perencanaan *supply* dan *demand* energi listrik sektor bisnis di Jawa Timur dapat dimodelkan dengan simulasi dinamis untuk perencanaan penambahan kekurangan pasokan energi listrik di masa depan.
4. Perilaku pertumbuhan *demand* energi listrik sektor bisnis berhasil diketahui dengan mengkombinasikan metode ekonometri dengan simulasi dinamis terhadap model. Pemetaan pengaruh PDRB industri terhadap *demand* tarif-tarif sektor bisnis berhasil diketahui pula.
5. Ketiga skenario model yaitu skenario optimis, skenario *most likely*, dan skenario pesimis telah dikembangkan dalam

penelitian ini. Ketiga skenario tersebut dikembangkan pada tiap *demand* tarif pada beberapa APJ dan total di Jawa Timur.

6. Hasil proyeksi simulasi dinamis yang dikombinasikan dengan metode ekonometri memiliki hasil lebih akurat dibandingkan metode DKL 3.2

Hasil proyeksi simulasi dinamis yang dikombinasikan dengan metode ekonometri memiliki hasil lebih akurat dibandingkan metode proyeksi terdahulu yaitu metode DKL 3.2.

5.2. Saran

Berikut merupakan beberapa saran untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang. Saran-saran ini didasarkan pada hasil perancangan, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan.

1. Penelitian memiliki keterbatasan penggunaan data dengan hanya menghubungkan dengan faktor ekonomi yaitu PDRB, sehingga untuk penelitian kedepannya diharapkan bisa memasukkan faktor-faktor eksternal lainnya terhadap model perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik sektor bisnis serta sektor lainnya.
2. Keterbatasan detail faktor-faktor serta variabel yang terdapat pada model dikarenakan keterbatasan data yang didapatkan terkendala masalah perizinan data, sehingga penelitian selanjutnya diharapkan mengembangkan model pada tugas akhir ini lebih detail dengan data-data yang lebih detail pula.
3. Diharapkan pengembangan lebih lanjut terhadap metode simulasi dinamis dengan menerapkannya pada studi kasus di daerah lain agar bisa dijadikan perbandingan sehingga bisa lebih baik pada penelitian dengan menggunakan simulasi dinamis kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sorasalmi, "Dynamic Modeling of Household Electricity," 2012.
- [2] BPS, "'Badan Resmi Statistik'," vol. No. 13/02/Th.XIII, 2015.
- [3] "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL)", PT. PLN, 2015-2024.
- [4] Electricity Sales and Substation Distribution Data, PT. PLN Distribution East Java, 2016.
- [5] H. Nur, S. Erma and H. Rully, "Analysis of Soybean Production and Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamics Framework," *The Third Information System International Conference*, 2016.
- [6] L. Chen, Z. Lisha, L. Na and Z. Ming, "Modelling and Simulation of Power Grid Engineering Project based on System Dynamics on Background of Smart Grid," *The 2nd International Conference on Complexitu Science and Information Engineering*, 2011.
- [7] T. Jager, S. Schimdt and U. Karl, A System Dynamics Model for the German Electricity Market, Karlsruhe: European Institute for Energy Research, 2009.
- [8] Momodu, A. S. Oyebisi and T. O. Obilade, Modelling the Nigeria's Electric Power to Evaluate its Long-Term Performance, Obafemi Awolowo University, 2003.
- [9] W. Diah Tri, "Pendekatan Model Ekonometri Ekonometri Untuk Peramalan Kebutuhan Listrik Periode 2005-2015 di Wilayah Malang", Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2005.
- [10] N. Yingzi and G. Yuying, Statistical and Econometric Analysis of the Impact of China's Energy, Jilin: Jilin University of Finance and Economics, 2011.

- [11] R. Kakka Dewayana, "Proyeksi Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik di Jawa Tengah Menggunakan Perangkat Lunak Leap dan Model DKL 3.2", Semarang: Diponegoro University, 2007.
- [12] Ventana System Inc., "Vensim 5 Modelling Guide," no. Phasing and Oscillation, p. 16, 2003.

DAFTAR SIMBOL

\bar{S}	:	rata-rata dari data model
\bar{A}	:	rata-rata dari data asli
S_s	:	standar deviasi dari data model
S_A	:	standard deviasi dari data asli.
$E1$:	<i>error mean comparison</i>
$E2$:	<i>error variance comparison</i>
P	:	daya terpasang pelanggan, yaitu daya maksimal yang dapat digunakan pelanggan tersebut
V	:	tegangan listrik maksimal yang didapat pada semua peralatan listrik atau elektronik pelanggan dalam satu waktu.
I	:	arus listrik maksimal yang mengalir di kabel listrik pelanggan saat peralatan elektronik digunakan.
P_a	:	daya aktif, yaitu secara nyata benar-benar digunakan oleh beban kebutuhan listrik dari peralatan elektronik pelanggan. Satuan dari daya aktif adalah <i>watt</i> .
$\cos \varphi$:	faktor daya atau sudut fasa dari penggunaan listrik, nilai $\cos \varphi$ pada daya aktif PLN normalnya adalah 0,8.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BIODATA PENULIS



Penulis, **Luqman Wahyu Hidayat**, lahir di Bandung, 9 September 1994. Penulis menempuh pendidikan di SDIT Atirah Pusat Makassar, lalu menempeuh jenjang menengah di SMP Negeri 49 Jakarta, dan menempuh jenjang atas di SMA Negeri 81 Jakarta. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama kuliah, penulis aktif menjadi Staff Himpunan

Mahasiswa Teknik Computer, Staff REEVA Schematics 2013, dan Ketua REEVA Schematics 2014. Informatika dan mengikuti berbagai macam pelatihan dan pengembangan diri baik didalam maupun diluar lingkungan institut.

Dalam menyelesaikan pendidikan S1, penulis mengambil bidang minat Manajemen Informasi (MI) dan memiliki ketertarikan terhadap *Simulation*, *Modelling*, dan *Process Mining*.

Selanjutnya, penulis dapat dihubungi melalui *web* pribadi pada tautan: <http://luq.strikingly.com> dan juga melalui *e-mail* yaitu wahyuluqman@gmail.com.